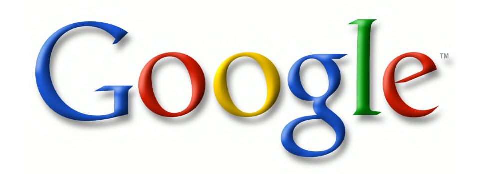
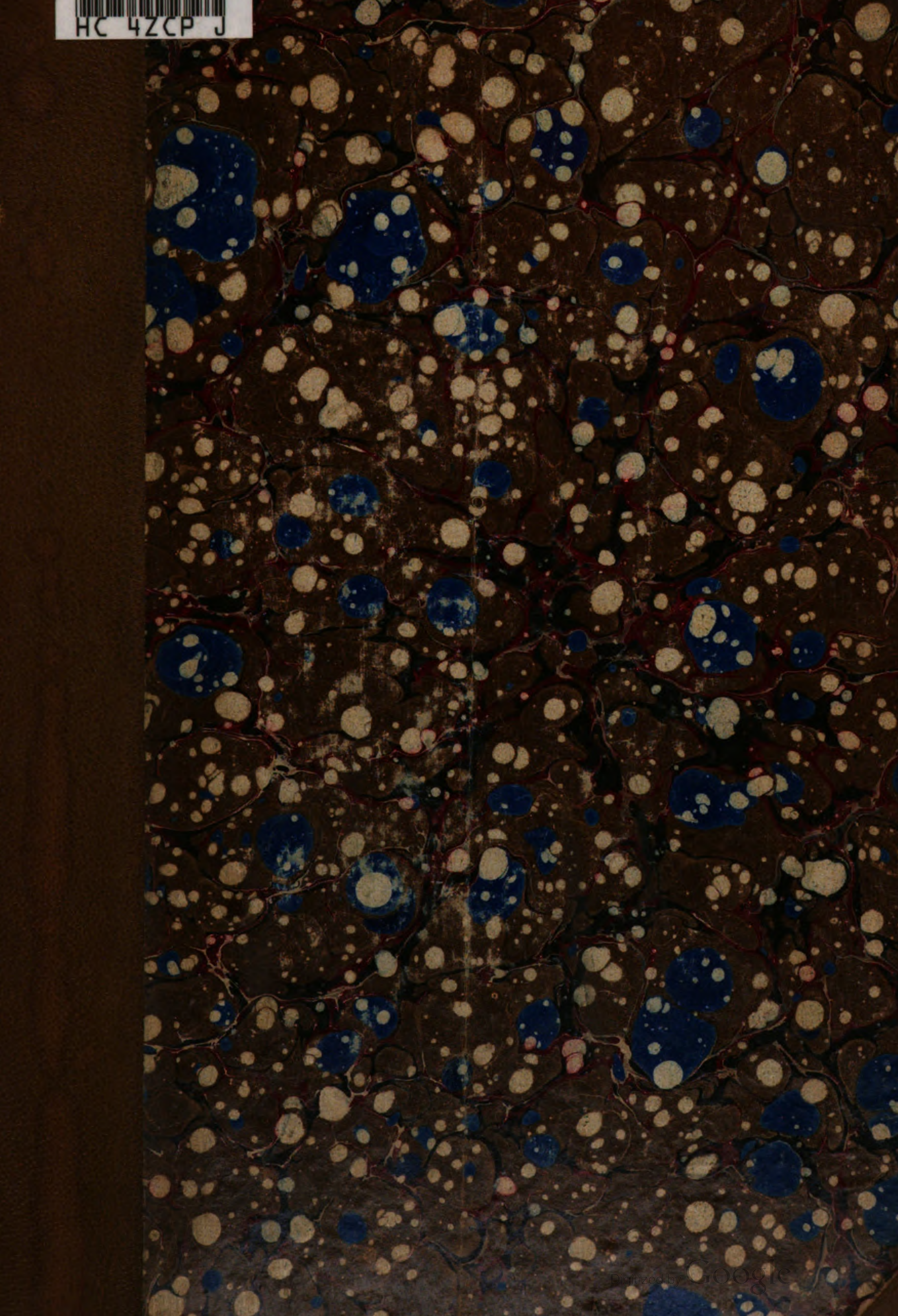




Die

Lehre von der Fäulniss.

Auf physiologischer Grundlage

einheitlich bearbeitet

von

Dr. Arnold Hiller,

Assistenzarzt I. Classe, commandirt beim Königl. medicinisch-chirurgischen Friedrich-Wilhelms-Institut.

Berlin, 1879.

Verlag von August Hirschwald.

NW. 68 Unter den Linden.

Seiner Excellenz

dem Königlichen Generalstabsarzt der Armee

Herrn Dr. Grimm

als ein Zeichen der Verehrung und Dankbarkeit

gewidmet vom

Verfasser.

Vorwort.

Mit dem vorliegenden Buche übergebe ich der Oeffentlichkeit eine längere Reihe von Studien, Naturbeobachtungen und Untersuchungen, welche mich seit meiner Studienzeit, zum Theil schon innerhalb derselben, fast ununterbrochen beschäftigt haben und im Laufe der letzten Jahre, zusammen mit den Ergebnissen anderer Forscher, zu einem einheitlichen, systematisch geordneten Ganzen — zu einer „Lehre von der Fäulniss“ — vereinigt wurden.

Ursprünglich für die „Sammlung klinischer Vorträge“ bestimmt, hat die Arbeit, obwohl des Umfanges wegen für dieselbe nicht mehr geeignet, doch die jenem Zwecke entsprechende abgerundete Form der Darstellung grösstentheils noch bewahrt. Durch denselben Umstand war es ferner bedingt, dass ich mich bei der Abfassung nicht ausschliesslich auf die Wiedergabe der eigenen Beobachtungs- und Untersuchungsresultate beschränkte, sondern zugleich auch den zahlreichen Arbeiten anderer Forscher die gleiche und gebührende Berücksichtigung zu Theil werden liess. Eine Zusammenfassung aller bisherigen Ergebnisse war ausserdem gegenwärtig um so mehr erwünscht, als eine erschöpfende Darstellung des Gegenstandes bisher fehlte und daher, mit Rücksicht auf die vielseitigen

practischen Beziehungen der Fäulniss, allgemein als ein Bedürfniss anerkannt wurde. Auf diese Beziehungen, insbesondere zur öffentlichen Gesundheitspflege, zur Krankheits-Aetiologie und zur Wundbehandlung, habe ich in der Darstellung, wo es nur anging, eingehend Rücksicht genommen.

Dass die vorliegende Bearbeitung der Fäulnisslehre, namentlich in ihrem rein physiologischen Theile, noch vielfache Lücken und Mängel zeigt, bedarf keines besonderen Hinweises; es ist dies, wie leicht ersichtlich, in der Sache selbst begründet. Handelt es sich doch hier nicht um eine abgeschlossene oder wenigstens in ihren Hauptpunkten bereits feststehende Wissenschaft, sondern um einen jungen, noch in der ersten Entwickelung begriffenen und an vielen Punkten bisher nur fragmentarisch erforschten Zweig der Physiologie, welcher heute in der ihm vom Verfasser gegebenen Gestalt zum ersten Male seine Selbstständigkeit und seine Lebensfähigkeit versucht.

Durch continuirliche, noch während des Druckes fortschreitende Abänderungen und Erweiterungen ist eine Ungleichmässigkeit in der Vertheilung des Stoffes herbeigeführt, der Art, dass das III. Capitel: „Die giftigen Wirkungen der Fäulniss“ mehr als die doppelte Länge der übrigen Capitel erreicht hat. Sachlich bedingt war diese Umfangsvermehrung einestheils durch die materielle Fülle und die Vielseitigkeit des Stoffes, anderntheils durch die controverse Natur vieler darin abgehandelten Fragen. Eine Theilung des Inhalts würde sich hier jedoch, wie schon jetzt äusserlich angedeutet ist, späterhin ohne Schwierigkeit ausführen lassen.

Von der ursprünglichen Absicht, dem Text noch ein besonderes Capitel: „Ueber fäulnisswidrige Mittel und Methoden“ anzufügen, habe ich nach halb vollendeter Arbeit vorläufig Abstand genommen. Das über die Antiseptica bisher vorliegende Material erwies sich in keiner Weise geeignet zu einer geordneten, systematischen Dar-

stellung. Es fehlt den einschlägigen Arbeiten an einheitlicher Methode und übereinstimmenden Gesichtspunkten: der eine betrachtet den Fäulnissgeruch, der andere die Entwickelung von H_2S und H_3N, der dritte die morphologischen Veränderungen faulender Stoffe, insbesondere das Auftreten niederster Organismen, der vierte die Vermehrungsfähigkeit der Schizomyceten, der fünfte endlich sogar nur die Beweglichkeit derselben als das Kriterium der Fäulniss und der antiseptischen Wirkung eines Mittels. Ja, selbst bei mehreren, anscheinend nach gleicher Methode arbeitenden Forschern fallen die einzelnen Resultate doch wiederum sehr verschieden aus, je nachdem der eine eiweissreiche Flüssigkeiten (Blut, Eiter), der andere wässerige Gewebsaufgüsse von sehr wechselnder Concentration, der dritte Heu- oder Tabaksinfuse, mineralische Nährsalzlösungen u. dgl. angewendet hat. Kurzum, um auf diesem practisch so wichtigen Gebiet zu feststehenden und allgemein gültigen Ergebnissen zu gelangen, würden die Untersuchungen von Neuem in weit grösserem Maassstabe und nach übereinstimmender Methode, d. h. an dem gleichen, methodisch variirten Versuchsmaterial und unter Berücksichtigung aller einschlägigen Gesichtspunkte, auszuführen sein. Ein Einzelner erscheint hierzu allerdings kaum berufen, da die Arbeit ohne Zweifel mehrere Jahre in Anspruch nimmt, mithin eine grosse wissenschaftliche Ausdauer voraussetzt, und ausserdem eine umfassende chemische, sowie morphologische Kenntniss erfordert. Ein wissenschaftliches Institut oder eine Behörde dagegen, welche über die geeigneten Mittel und gleichzeitig über mehrere Arbeitskräfte verfügt resp. dieselben verfügbar macht, könnte diese wichtige und gemeinnützige Arbeit im Interesse der öffentlichen Gesundheitspflege unschwer leisten.

Ein Namen- und Sachregister ist nicht beigegeben worden. Einestheils reicht die am Anfang abgedruckte Inhalts-Uebersicht zur Orientirung über die Anordnung des Stoffes hin; anderntheils

sollte das Nachschlagen nach Einzelheiten, das nur zu leicht zu unrichtigen Vorstellungen und Urtheilen führt, möglichst vermieden und der Leser genöthigt werden, immer den ganzen, auf ein Thema bezüglichen Abschnitt oder das ganze Capitel durchzulesen.

Möge man mit Beziehung hierauf vor dem Eintritt in die Lectüre dieses Buches die Worte des grossen Physiologen unserer Zeit, Johannes Müller's, — gerade heute vor 21 Jahren schied er aus dem Leben — beherzigen, dass „der Theil nur verstanden werden kann durch das Ganze".

Berlin, am 28. April 1879.

A. Hiller.

Inhalt.

Seite

Erstes Capitel.

Zweites Capitel.

Erstes Capitel.

Ueber Wesen, Eintheilung und Chemismus der Fäulnissprocesse.

Einleitung. Leben und Fäulniss. Wechselbeziehungen zwischen beiden Processen. Gleichheit der Stoffe; Verschiedenartigkeit der Tendenz. Die Erhaltung der Materie und der Kreislauf der Stoffe zwischen organischer und anorganischer Natur. Coincidenz zwischen Leben und Fäulniss. Oertliche Ausbreitung der Fäulnissprocesse — Die Pythologie, im Gegensatz zur Biologie. Die thierische Fäulniss und die Vermoderung. Gemeinsamer Charakter der Veränderungen; die physikalische Auflösung (Destruction) und die chemische Auflösung (Decomposition). Der mechanische Zerfall und die Verflüssigung (Colliquation). Verschiedenheiten des Verlaufs; Ursachen derselben. Uebersicht über die fäulnissfähigen Verbindungen des Thier- und Pflanzenkörpers. Ueberwiegen der N- und S- resp. der C- und H-Verbindungen. Physiologischer Begriff der Fäulniss. — Der Chemismus der Fäulnissprocesse. Multiplicität der Zersetzungen. Studium der Fäulniss einzelner Verbindungen (Faserstoff). Künstliche Zerlegung der Albuminate (Schützenberger). Natürlich vorkommende einfachere Zerlegungen: die Fäulniss des Harnstoffs. Die Gärungen der Kohlenhydrate. Wesen und Charakter derselben. Wirthschaftliche Bedeutung. Die Alkoholgärung als Hauptrepräsentant dieser Gruppe. Die Essig- und Milchsäuregärung. Saure und alkalische Gärungen. Die Gärung als eine Theilerscheinung der Vermoderung. Gleichheit der Tendenz und der Producte. — Chemismus der Umsetzung. Die Hydration, Reduction und Oxydation. Fermentative Natur derselben. Gegenseitiges Verhalten von Reductions- und Oxydationsprocessen. Aehnlichkeit dieser Processe mit denen des Lebens. Einfache und zusammengesetzte Reductionen; Bedeutung des Wasserstoffs (in statu nascenti) für dieselben. Der Antheil des Sauerstoffs. Reine Oxydationsprocesse und v. Liebig's »Verwesung«. Unklarheit des volksthümlichen Begriffs und Mängel der chemischen Definition. Rückblick auf die Bezeichnungen Fäulniss, Vermoderung, Gärung und Verwesung.

Es war eine fruchtreiche Erweiterung des naturwissenschaftlichen Arbeitsfeldes, als vor noch wenigen Decennien die exacte Forschung anfing, von den Erscheinungen der lebenden Körperwelt sich auch den Veränderungen der abgestorbenen organischen Materie zuzuwenden. In ungeahnter Fülle schöpften da Chemie und Mikroskopie, die Zoologie und Botanik, ferner die Physiologie,

die Medicin und Hygiene wichtige Belehrungen und weittragende Probleme. Man erkannte in dem Processe der Fäulniss ein wichtiges Bindeglied in dem Kreislauf der Stoffe der organischen Natur und sah an die Rückkehr der todten Stoffe zur Luft und Erde den Bestand eines ganzen grossen Naturreichs, des Pflanzenreichs, geknüpft. Was seit Jahrtausenden die einfache Naturbeobachtung gelehrt und die Erfahrung des Landmannes erprobt hatte, wurde in seinen näheren Beziehungen zum Stoffwechsel der Pflanze wissenschaftlich festgestellt; man ermittelte im Besonderen den Nährwerth faulender Stoffe für bestimmte Vegetationen und schuf so aus der rohen Empirie des Landmannes und Gärtners eine nützliche, in unserer Zeit hochgeschätzte Wissenschaft, die Agricultur-Chemie. Das Mikroskop ferner erschloss in der zerfallenden organischen Materie die Quelle reichen neuen Lebens und lehrte uns ein vielgestaltiges Reich der winzigsten thierischen und pflanzlichen Wesen kennen, an welche sich weiterhin wichtige Fragen der Wissenschaft, wie die von der ersten Entstehung organischer Wesen überhaupt (generatio aequivoca), von der Ursache der Gärung und Fäulniss, von der Entstehung gewisser mit Fäulniss in Zusammenhang gebrachter Krankheiten, insbesondere der accidentellen (septischen) Wundkrankheiten, von der Natur und der Wirkungsweise der Contagien schlossen. Ja, eine in der Gegenwart mit regem Eifer gepflegte Wissenschaft, die öffentliche Gesundheitspflege, verdankt gerade dem Studium dieser Fragen, sowie des Einflusses der Fäulnissprocesse auf Leben und Gesundheit des Menschengeschlechts überhaupt die wichtigsten Impulse zu gemeinnütziger Thätigkeit. Nicht minder hat auch die Industrie aus der genaueren Erforschung der Gärungen und der gärungshemmenden Mittel auf dem Gebiete der Weinbereitung, der Bierbrauerei, der Destillation und der Conservirung thierischer und pflanzlicher Nahrungsmittel eine wesentliche Förderung und Bereicherung erfahren. Namen von gutem Klange, wie Ehrenberg, Justus v. Liebig und Pasteur, sind mit den Fortschritten auf diesem Zweige der Naturforschung unzertrennlich verknüpft.

In dem Maasse, als man die Wichtigkeit der unter dem Namen der Fäulniss zusammengefassten Vorgänge erkannte, haben diese Processe auch von dem Widerwärtigen und Feindseligen verloren, welches die Forscher in früheren Zeiten vielfach von der Beschäftigung mit ihnen fernhielt. Man hat sich gegenwärtig mehr

und mehr daran gewöhnt, in der Fäulniss nicht mehr das unvermeidliche Uebel zu erblicken, welches die Sinnesorgane des Menschen belästigt und seine Gesundheit beeinträchtigt, sondern dieselbe als einen natürlichen und nothwendigen Process anzuerkennen, welcher zwar seine unangenehmen und nachtheiligen, aber auch seine nützlichen und guten Seiten hat. Wenn man unbefangen die hier in Betracht kommenden Naturerscheinungen prüft, so muss man dieselben der Klasse derjenigen Veränderungen anreihen, welche man unter dem Namen der physiologischen Vorgänge in der Naturwissenschaft zusammenzufassen pflegt.

Zwar wird als Physiologie im engeren Sinne gewöhnlich diejenige Wissenschaft bezeichnet, welche sich mit den Veränderungen der belebten organischen Materie, also der lebenden Thier- und Pflanzenwelt beschäftigt. Allein die Processe der Fäulniss sind so unzertrennlich an die Vorgänge des Lebens in der Natur geknüpft und zeigen hinsichtlich der Stoffe, an denen sie verlaufen, hinsichtlich ihrer zeitlichen und örtlichen Ausbreitung auf der Erdoberfläche und hinsichtlich der Bedingungen, welche zu ihrer Erhaltung oder Zerstörung nothwendig sind, eine so auffallende Uebereinstimmung,[1] dass sie bei einer allgemeinen physiologischen Naturbetrachtung nicht wohl von einander getrennt werden können.

In dieser Beziehung ist zunächst hervorzuheben, dass es überall in der Natur genau dieselben Substanzen sind, an welchen der Lebensprocess und an welchen der Fäulnissprocess sich vollzieht. Die ganze grosse Gruppe der organischen Verbindungen und Formen, aus welchen die lebende Natur zusammengesetzt ist, unterliegt diesen beiden Processen in gleicher Weise. Alles was in der Thier- und Pflanzenwelt lebt, wächst und sich vermehrt, stirbt auch nothwendig zu irgend einer Zeit der Entwickelung einmal ab und verfällt damit dem Processe der Fäulniss, und Alles, was der fauligen Zerstörung und Auflösung unterliegt, kehrt später durch Vermittelung der Luft, des Wassers und der Erde zur Pflanzenwelt und durch diese zur Thierwelt wieder zurück. Die Fäulniss empfängt also von der lebenden Natur alle die todten und

[1]) Schon Helmholtz sprach in seiner Erstlingsarbeit: „Ueber das Wesen der Gärung und Fäulniss" (Müller's Archiv, Bd. 1843, S. 453) den Satz aus: „Die Fäulniss gleicht dem Lebensprocess auffallend durch die Gleichheit der Stoffe, in welchen sie ihren Sitz hat, durch ihre Fortpflanzungsfähigkeit und durch die Gleichheit der Bedingungen, welche zu ihrer Erhaltung und Zerstörung nothwendig sind.".

unbrauchbar gewordeen Stoffe, welche aus der Wirthschaft derselben abfallen, und giebt sie der Erde und der Luft in einfachster anorganischer Form zurück; die Pflanze hingegen entnimmt der Luft und der Erde wiederum diese zu ihrer Ernährung nothwendigen anorganischen Stoffe, um sie in veränderter Form, als Kohlenhydrate, Fette und Eiweiss der Thierwelt wieder als Nahrung anzubieten.

Es besteht also zwischen dem Lebensprocess und dem Fäulnissprocess ein inniger, naturnothwendiger Zusammenhang; denn beide ergänzen, ja sie bedingen einander. Von ihrem gleichmässigen Bestehen ist wesentlich die Fortexistenz der gesammten organischen Natur abhängig. Denn es genügt nicht blos der Fortbestand des Lebensprocesses in der Natur, um die lebende Thier- und Pflanzenwelt in ihrer schöpferischen Kraft und Fülle dauernd zu erhalten, sondern es ist diese Erhaltung an die Fortexistenz des Fäulnissprocesses ganz innig geknüpft. Die ernährende Kraft der Erdoberfläche, des Wassers und der Luft würde sich bei continuirlichem Fortgebrauch der ernährenden Stoffe ohne entsprechenden Ersatz nothwendig einmal erschöpfen; die Pflanzenwelt würde im Gefolge davon absterben und mit dem Tode derselben auch die Existenz des Thierreichs in Frage kommen, da dieses hinsichtlich seiner Ernährungsbedingungen auf die Aufnahme pflanzlicher Stoffe angewiesen ist. Dass dies in Wirklichkeit nicht geschieht, sondern dass, wie wir sehen, Thier- und Pflanzenwelt in ungestörter Harmonie Jahrtausende lang neben einander leben, ist wesentlich die Wirkung des gleichzeitigen Fortbestehens der Fäulniss. Diese nimmt die Erzeugnisse des Lebens nach vollendetem Entwickelungsgange in sich auf, zerstört dieselben und führt sie schliesslich in die ursprüngliche anorganische Form zurück. Was die Pflanzenwelt an Salzen, Erden, Wasser und Gasen von der unorganischen Natur empfing, zahlt der Fäulnissprocess gewissenhaft und ohne Wucherzinsen zurück.

Durch diesen Kreislauf der Stoffe der organischen Natur ist also der Mutter Erde ihre unerschöpfliche Fruchtbarkeit und der Pflanzen- und Thierwelt unter den gegenwärtigen Verhältnissen unseres Planeten ihr unauslöschliches Bestehen gesichert. Niemals findet auf diese Weise ein wirklicher Verbrauch von anorganischen Stoffen durch den Lebensprocess der Pflanze und auch niemals eine wirkliche Vernichtung von orga-

nischen Stoffen durch den Fäulnissprocess statt, sondern es bleiben die Stoffe an und für sich in beiden Reihen von Processen unveränderlich dieselben; nur die Formen wechseln und die Verbindungen, zu welchen sich die Atome in der lebenden Substanz und in der faulenden Materie gruppiren. [1])

In diesem Wechsel der Form und Verbindungen stehen sich aber beide Gruppen von Processen diametral gegenüber. Denn das Leben in der Thier- und Pflanzenwelt baut auf, es bildet neue Formen und erzeugt zusammengesetzte Verbindungen; die Fäulniss hingegen löst auf, sie zerstört die Formen und vernichtet diese Verbindungen wieder. Dort führt der Lebensprocess auf dem Wege der Ernährung und Vermehrung zu jener erstaunlichen Vielgestaltigkeit der organischen Körperformen, welche wir heute an der lebenden Natur bewundern; hier endigt der Process mit der Umwandlung dieser Körperformen in jene einförmige, gleichmässige und anorganische Materie, welche wir in der Luft, dem Wasser und der Erde als Gase oder Salze wiederfinden. Dort also Entwickelung und Aufbau, hier Zerstörung und Auflösung. Die Materie an und für sich bleibt bei diesem Wandel der Stoffe unverändert; nur die Form der Materie ändert sich, je nachdem sie der Einwirkung des Lebensprocesses oder des Fäulnissprocesses unterliegt.

Aber nicht blos materiell, sondern auch zeitlich grenzen Leben und Fäulniss eng an einander. Die Fäulniss eines Thier- und Pflanzenkörpers fängt genau da und zu dem Zeitpunkt an, wo das Leben in demselben aufhört, und umgekehrt folgt dem Beginne der Fäulniss, wie das Mikroskop lehrt, die Entwickelung Lebens unmittelbar auf dem Fusse nach. Von dem Moment des Todes an treten in einem abgestorbenen Gewebstheil bekanntlich jene feinen physikalischen Veränderungen ein, welche oft nur schwer durch veränderte Farbe, Geruch und Geschmack sinnlich

---

[1]) Sehr bezeichnend hat diesem Gedanken von dem Kreislauf der Materie zwischen organischer und anorganischer Natur bereits der italienische Forscher Giordano Bruno Ausdruck gegeben, welcher im Jahre 1600 in Rom verbrannt wurde. Er sagt: „Was erst Samen war, wird Gras, hierauf Aehre, alsdann Brod, Nahrungssaft, Blut, thierischer Same, Embryo, ein Mensch, ein Leichnam; dann wieder Erde, Stein oder andere Masse u. s. f. Hier erkennen wir also etwas, was sich in alle diese Dinge verwandelt und an sich immer ein und dasselbe bleibt...... Wo wir sagen, dass etwas stürbe, da ist dies nur ein Hervorgang zu einem neuen Dasein, eine Auflösung dieser Verbindung, die zugleich ein Eingehen in eine neue ist." (Aus L. Büchner: „Kraft und Stoff." X. p. 13.)



wahrnehmbar sind und den ersten Ausdruck der fauligen Zersetzung darstellen; und fast um dieselbe Zeit lassen sich bereits mikroskopisch jene kleinen und einfachsten pflanzlichen Geschöpfe (Micrococcen) nachweisen, welche als die kleinsten aller lebenden Wesen und als die niedersten Formen des organischen Lebens überhaupt bekannt sind.

Allerdings geschieht der Uebergang vom Leben zur Fäulniss und von der Fäulniss wieder zum Leben meist so allmählich, dass es nicht möglich ist, durch die gewöhnliche Sinneswahrnehmung demselben zu folgen und eine scharfe Grenze zwischen beiden Processen aufzustellen. Viel leichter ist in neuerer Zeit der Nachweis des Lebens in faulenden Stoffen geworden durch die Einführung und Verbesserung des Mikroskops, insofern man mit starken Vergrösserungen die Entwickelung jener niedersten, einfachsten Wesen (Spaltpilze, Mikrococcen, Bacterien) schon sehr frühzeitig erkennen und verfolgen kann. So beobachteten z. B. Billroth und andere Forscher die Entwickelung von Mikrococcen in todten Gewebstheilen (Muskel, Herzbeutelflüssigkeit) schon wenige Stunden nach dem Tode des Individuums.

Weit schwieriger aber ist auf der anderen Seite der Nachweis des Eintritts der Fäulniss in bis dahin lebenden Geweben oder Individuen. Man kann allerdings sagen, dass der Beginn der fauligen postmortalen Zersetzung gegeben sei mit dem Eintritt des Todes eines Individuums; aber bekanntlich ist auch gerade die Erkennung des Todes und seine genaue Unterscheidung vom Leben in vielen Fällen ausserordentlich schwierig, und die Auffindung zuverlässiger Kriterien des eingetretenen Todes bildet noch heute eine wichtige, bis dahin ungelöste Aufgabe der forensischen Medicin. Gewöhnlich gilt der Tod eines Individuums oder Organs erst als gesichert, wenn deutliche Zeichen von Fäulniss (Muskelstarre, Todtenflecke, Geruch) aufgetreten sind, in welchem Falle also die Fäulniss als Erkennungsmittel des Todes, aber nicht der Tod als Erkennungsmittel für den Beginn der Fäulniss dient.

Diese Schwierigkeit der Unterscheidung hat auch vielfach zu einer Verwechslung der Begriffe „Tod“ und „Fäulniss“ Anlass gegeben. Ganz abgesehen von der Pathologie, in welcher Mortifications- und Fäulnissprocesse früher vielfach zusammengeworfen wurden, ist es namentlich unser alltäglicher Sprachgebrauch, welcher die beiden Begriffe Tod und Fäulniss mit einander indentificirt.

So sagt z. B. Niemand, um den Gegensatz vom Leben zu bezeichnen, „Leben und Fäulniss“, sondern stets „Leben und Tod“. Diese Antithese ist aber, wie sich aus der früheren Betrachtung ergiebt, physiologisch unrichtig. Der Tod ist immer nur die Scheidegrenze zwischen beiden Processen; er ist nur ein Moment, mit welchem das Leben abschliesst und die Fäulniss anfängt. Der eigentliche physiologische Gegensatz in der organischen Natur ist daher nicht, wie man zu sagen pflegt, Leben und Tod, sondern Leben und Fäulniss. Der epische Dichter würde daher weit richtiger, wenn auch nach unserem Geschmacke vielleicht weniger poetisch schön reden, wenn er seine Helden einander herausfordern liesse nicht zu einem Kampfe „auf Leben und Tod“, sondern zu einem Kampfe — „auf Leben und Fäulniss“.

Wir sehen also schon aus diesem kurzen Ueberblick, dass der Fäulnissprocess in den Vorgängen der belebten organischen Natur eine weit wichtigere Rolle spielt, als man ihm früher gewöhnlich zuerkannt hat. Dem Process des Lebens steht er als ein wichtiges Bindeglied in dem Kreislauf der Stoffe und als ein gleichwerthiger Factor in der Erhaltung der Materie gegenüber. Nur durch die Vermittlung der Fäulniss wird der beständige Wechsel der Stoffe zwischen der organischen und der unorganischen Natur geregelt und eine ungestörte Bilanz in der Vertheilung derselben zwischen beiden Naturreichen hergestellt.

Diese wichtigen gegenseitigen Beziehungen zwischen Leben und Fäulniss finden ihren deutlichsten Ausdruck in der räumlichen Vertheilung der Fäulnissprocesse auf der Erdoberfläche. Eine genauere Betrachtung dieser Verhältnisse ergiebt nämlich, dass die Fäulniss überall da in der Natur herrscht, wo thierisches und pflanzliches Leben gedeiht. Fäulnissprocesse werden stets am reichlichsten und ausgebreitetsten gefunden, wo auch die Thierwelt und die Pflanzenwelt am üppigsten wuchert. Denn überall, wo etwas lebt und wächst, da stirbt naturgemäss auch etwas ab, und es stirbt im Allgemeinen hier organische Substanz in demselben Maasse ab, als das Leben thierische und pflanzliche Substanz erzeugt. In den üppigen Urwäldern der Tropen und in den grasreichen Prairieen der amerikanischen Flussthäler, in welchen die pflanzliche Vegetation ihre schöpferische Kraft zur vollen Blüthe entfaltet, da gehen auch alljährlich ganze Generationen lebender Pflanzen wieder zu Grunde und fallen, begünstigt durch die Gluth der tropi-

schen Sonne und durch den Saftreichthum ihres Gewebes, dem Processe der Fäulniss anheim. In der Sandwüste dagegen, wo keine pflanzliche Vegetation gedeiht, kommt natürlich auch vegetabilische Fäulniss nicht vor, und auf dem felsigen Plateau hoher Gebirge, wo das pflanzliche Leben nur kümmerlich fortkommt, sind die Zersetzungsprocesse todter Stoffe nur spärlich anzutreffen.

Auch mit der Ausbreitung der Fauna auf der Erdoberfläche hält die Entwickelung von Fäulnissprocessen gleichen Schritt. Bei den frei lebenden Thieren vermischen sich die Zersetzungen ihrer Cadaver und Excremente mit den Fäulnissprocessen abgestorbener Vegetabilien, namentlich in den Wäldern, welche den Lieblingsaufenthalt der freien Thiere bilden. In ausgesprochener Weise aber treten diese animalischen Fäulnissprocesse zu Tage bei den Anhäufungen unserer Hausthiere in Ställen und Hürden. Die ziemlich massigen Excremente, welche die pflanzenfressenden Rinder, Schafe u. s. w. als Harn und Koth täglich entleeren, sammeln sich in dichten Schichten auf dem Boden der Ställe an und verfallen hier einer continuirlichen fauligen Zersetzung. Der bekannte stechende Ammoniakgeruch der Pferdeställe bildet das typische Odeur fast aller ähnlichen Thierbehausungen, ebenso wie der Pissoirs und Latrinen des Menschen; er wird in den grossen Stallungen unserer Landwirthschaften mit solcher Regelmässigkeit und solcher Ausgiebigkeit wahrgenommen, dass er auch bei der reinlichsten Behandlung des Stallbodens und der besten Ventilation der Räume nicht ganz zu beseitigen ist.

Um vieles mehr noch treten nun diese Zersetzungsprocesse in den Vordergrund, wo Thiere und Menschen gleichzeitig an einem Orte angehäuft sind, also in den Colonieen, auf den Dörfern und namentlich *in den Städten*. Zu den massenhaften Excrementen der Hausthiere, welche gewöhnlich in Form grosser Düngerhaufen auf den Hofräumen aufgespeichert werden, gesellen sich die zahlreichen animalischen und vegetabilischen Abfälle aus der Küche und der Hauswirthschaft des Menschen, ferner die täglichen Ausleerungen jedes Einzelnen an Harn und Koth, welche nach einer ungefähren Berechnung pro Tag und Kopf ca. 4 Pfund fäulnissfähigen Materials betragen, und die nicht unbeträchtliche Zahl der Leichen von Menschen und Thieren, welche alljährlich in dem Erdboden der Städte verscharrt werden. Alles dies, was als *verbraucht* oder *unbrauchbar* aus der Wirthschaft des Menschen abfällt oder als

Leiche aus der Gesellschaft der Lebenden ausscheidet, fällt ausnahmslos dem Processe der Fäulniss anheim und wird im Territorium der Städte der Luft, dem Wasser und dem Erdboden wieder gleich gemacht.

Man kann also sagen, was auch die praktische Erfahrung bestätigt, dass Fäulnissprocesse im Allgemeinen um so häufiger und reichlicher in der Natur angetroffen werden, als thierisches und pflanzliches Leben sich ausbreitet. Ja, mit besonderer Beziehung auf das sociale Leben des Menschen lässt es sich geradezu als Regel aufstellen, dass die Frequenz der Fäulnissprocesse in dem Bereich der Städte im geraden Verhältniss steht zu der Zahl und der Dichtigkeit der Bevölkerung. Aus dieser örtlichen und zeitlichen Coincidenz von Fäulniss mit dem Leben der Pflanzen und Thiere, einschliesslich des Menschen, erklären sich zum grossen Theil auch die innigen und wichtigen Beziehungen, welche dieselbe nicht blos zur Oekonomie in der organischen Natur und speciell zur Ernährung der Pflanze, sondern ganz besonders auch zu dem Leben und der Gesundheit des Menschengeschlechts besitzt. Von diesen Beziehungen werden wir später noch ausführlicher zu reden Gelegenheit haben.

Wenn man nun als die Physiologie des Lebens oder die Biologie alle diejenigen Veränderungen zu bezeichnen pflegt, welche die lebensfähige und organisirte Materie in ihren mannigfaltigen Formen von dem Moment der Erzeugung an bis zu ihrem Tode durchläuft, so muss man als die Physiologie der Fäulniss oder als Pythologie[1]) die Gesammtheit derjenigen Veränderungen zusammenfassen, welche die abgestorbene oder dem Haushalt der lebenden Natur entzogene organische Materie von dem Moment des Todes an bis zu der Rückkehr zur Luft und Erde erleidet.

Diese Veränderungen waren in ihrer äusseren Erscheinung und auch theilweise in ihren Beziehungen zur lebenden Natur schon von Alters her bekannt; wenigstens finden wir die Bezeichnung „Fäulniss" (putrescentia, putredo — πυϑεδών, σῆψις) und

---

[1]) Der Name Pythologie ist abgeleitet von dem griechischen Wort „*πύϑω* oder *πύω* — durch Fäulniss oder Verwesung auflösen", passiv „verfaulen, verwesen, vermodern". Von demselben griechischen Stamm ist auch die bekannte lateinische Bezeichnung „putresco oder puteo — ich faule, putor und putredo — die Fäulniss", ferner „putridus, putidus und puter — faul", hergenommen.

„faul“ (putridus oder putidus — σηπτὸς, σαπρός) schon bei den ältesten Culturvölkern in Gebrauch. Allein das Wesen und der Chemismus dieser Veränderungen waren bis in die neuere Zeit hinein grösstentheils noch unbekannt, und ebenso war auch der Sinn, welchen man mit jenen Bezeichnungen verband, im Laufe der Zeiten ein ziemlich unbestimmter. Verschiedenartige Processe, welche in ihrem Verlaufe und in ihren Erscheinungen eine gewisse Aehnlichkeit mit einander darbieten, wurden vielfach mit demselben Namen belegt, und für einen und denselben Process sehen wir noch bis auf den heutigen Tag die verschiedenartigsten Bezeichnungen im Gebrauch. So wird von den Einen mit dem Namen „Gärung“ belegt, was nach der althergebrachten Nomenclatur als Fäulniss, d. h. als mit Gestank verbundene Zersetzung todter Stoffe, aufgefasst werden muss; und für einen und denselben Process, nämlich die putride Zersetzung thierischer Stoffe, finden wir Ausdrücke wie „Fäulniss“, „Verwesung“ oder „Vermoderung“ sowohl bei den Aerzten, wie bei den Laien noch heute ganz promiscue im Gebrauch.

Dieser Mangel einer einheitlichen und feststehenden Nomenclatur hat eben darin seinen Grund, dass die hierher gehörigen gangbaren Bezeichnungen, bei dem Mangel einer klareren Einsicht in das Wesen dieser Processe, gewöhnlich nur aus dem Sprachgebrauch des gemeinen Lebens hervorgegangen sind und einer bestimmten wissenschaftlichen Definition bisher entbehrten. Eine genauere Terminologie der Fäulnissprocesse, an der Hand der neueren wissenschaftlichen Erfahrungen, erscheint daher für das Verständniss dieser Processe und für die gegenseitige Verständigung der Forscher unter einander als ein erstes, unabweisliches Bedürfniss.

Wir hatten oben, im Gegensatz zur Biologie oder der Lehre vom Leben, als Fäulniss im weitesten Sinne (Pythologie) die Gesammtheit derjenigen Veränderungen bezeichnet, welche die abgestorbene organische Materie nach ihrem Tode erleidet. Unter diesen Veränderungen hat man nun zuerst zwei grosse Gruppen von Processen zu unterscheiden, welche den beiden Kategorieen des Lebens, der Thier- und Pflanzenwelt, entsprechen, nämlich die Fäulniss thierischer und die Fäulniss vegetabilischer Stoffe. Die erstere wird auch kurzweg als „thierische Fäulniss“ oder „Fäulniss im engeren Sinne“, die letztere als „vege-

tabilische Fäulniss“ oder „Vermoderung“ bezeichnet. Beide Kategorieen von Processen sind ihrem Wesen und ihrer Tendenz nach vollkommen übereinstimmend und tragen die gemeinsamen Charaktere der Fäulniss überhaupt. Sie unterscheiden sich nur in ihrem äusserlichen Verhalten nach Aussehen, Farbe, Geruch und Reaction und bieten auch gewisse Verschiedenheiten im zeitlichen Verlauf dar, ohne dass jedoch dadurch ihre innere Uebereinstimmung beeinflusst wird.

Ganz im Allgemeinen stellen Fäulniss und Vermoderung einen continuirlich fortschreitenden Zersetzungsprocess dar, mit der gemeinsamen Tendenz, unter allmählicher physikalischer Zerstörung der Substanz aus den hochcomplicirten organischen Verbindungen des Thier- und Pflanzenkörpers Stoffe von einfacherer, ja einfachster Constitution zu bilden. Es gehen in beiden Reihen von Processen beständig zwei Arten von Veränderungen neben einander her, die physikalische Destruction oder die Vernichtung der Formen und die chemische Decomposition oder die Auflösung der complexen chemischen Verbindungen. In beiden Reihen endigt der Process mit der völligen Umwandlung der geformten thierischen und pflanzlichen Substanz in form- und structurlose anorganische Materie, in Gase, Salze, Erden und Wasser.

Man muss also in diesem Auflösungsprocess die physikalischen Veränderungen der todten Stoffe und die chemischen Veränderungen derselben von einander unterscheiden. Die ersteren betreffen hauptsächlich die Formen und die Structur, durch welche die organisirte thierische und pflanzliche Substanz ausgezeichnet ist, und charakterisiren sich im Allgemeinen durch eine Lockerung des mechanischen Zusammenhanges der Theile und durch einen Uebergang des festen Aggregatzustandes in den flüssigen. Die todte Substanz unterliegt also hierbei einestheils einem mechanischen Zerfall (Comminution [1]), d. h. einer allmählichen Zertrümmerung der Organe in kleinere und kleinste Molekule, anderntheils einer allmählichen Erweichung oder Verflüssigung der festen Gewebe (Colliquation). Diese beiden Vorgänge lassen sich für gewöhnlich im Verlaufe der Fäulniss nicht von einander trennen, sondern gehen stets gleichzeitig neben einander her; sie zeigen

[1]) comminuere heisst: in kleine Theile zerlegen, zertrümmern, zersplittern; daher auch die Bezeichnung „Comminutivbrüche“ für die Splitterbrüche der Knochen.



jedoch in ihrem gegenseitigen Verhalten zu einander, je nach der Beschaffenheit der fauligen Substanz und je nach dem Vorhandensein gewisser äusserer Bedingungen, mancherlei Abweichungen.

Als bestimmende Momente hierbei lassen sich hauptsächlich der ursprüngliche Wasserreichthum der todten Gewebe, ferner die Festigkeit und Widerstandsfähigkeit der einzelnen Organe und endlich die Gegenwart von Wasser und Wärme in den umgeben den Medien (Luft, Erde, Wasser) erkennen. In derben, festen und wasserarmen Geweben, z. B. der Holzfaser der Pflanze und den sehnigen Gebilden des Thierkörpers, überwiegt in der Regel der mechanische Zerfall, und die Auflösung in kleinere und kleinste Trümmer geht gewöhnlich der Verflüssigung des Gewebes vorauf; in sehr wasserreichen Organen dagegen, z. B. den saftigen Blattgebilden der Pflanze und verschiedenen Weichtheilen des Thierkörpers, tritt in dem äusseren Verlaufe der Fäulniss das Bild der Verflüssigung gewöhnlich in den Vordergrund. Ja, in an und für sich schon flüssigen Geweben, wie den Fruchtsäften und dem Blute, wird äusserlich gar nichts weiter wahrgenommen, als die fortschreitende Verflüssigung aller darin suspendirten festen Theilchen unter gleichzeitiger chemischer Decomposition der Flüssigkeit; ebenso bildet bei der Vermoderung der Holzfaser im Waldesboden oder feuchten Erdreich das fortschreitende Morsch- und Brüchigwerden und der endliche mechanische Zerfall des Holzes in kleinste erdige Trümmer fast das einzige Symptom der Fäulniss.

Das Product dieser rein physikalischen Destruction faulender Stoffe ist also, je nach dem Reichthum oder der Armuth an Wasser, entweder die Auflösung in einen amorphen Haufen kleinster erdartiger Trümmer von gelber, brauner oder schwarzer Farbe (Detritus) [1]), oder die Umwandlung der organischen Materie in eine gleichmässige, trübe und übelriechende Flüssigkeit,

---

[1]) Diese mechanische Zertrümmerung der Gewebe hat natürlich nichts zu thun mit der Auflösung der Substanz in die chemischen Molekule. Niemals kommt überhaupt bei der Fäulniss eine völlige Auflösung der Substanz in die chemischen Atome und Molekule zu Stande, sondern immer nur in chemische Verbindungen einfachster Art, welche zum wenigsten aus zwei oder drei Atomen zusammengesetzt sind. Talbot's Worte in Schiller's Jungfrau von Orleans:

„Bald ist's vorüber und der Erde geb' ich,
Der ew'gen Sonne die Atome wieder, —"

sind daher nicht wörtlich und nicht im modernen Sinne zu nehmen. Das Wort „Atome" bedeutete in früheren Zeiten nur die kleinsten, nicht weiter theilbaren Bestandtheile einer Substanz, als welche man sich mehr die mecha-

welche alle Producte der fauligen Zersetzung in sich vereinigt (Jauche, Sanies). Zwischen beiden Formen des physikalischen Unterganges kommen natürlich alle möglichen Uebergänge vor, welche allemal durch den grösseren oder geringeren Gehalt an Wasser bedingt sind und von dem trockenen staubförmigen Pulver bis zur wässerigen Jauche variiren können. Mit dieser Umwandlung ist dann die Möglichkeit des directen Ueberganges der organischen Materie in das anorganische Erdreich oder in die gelösten Bestandtheile des Wassers, welche den Pflanzen wieder zur Nahrung dienen, gegeben; der Fäulnissprocess hat damit physikalisch sein Ende erreicht.

Diesen physikalischen Veränderungen entsprechen nun immer gleichzeitige chemische Zersetzungsvorgänge, welche das eigentliche und wesentliche Hülfsmittel sind, durch welches eine Lockerung des Zusammenhanges und ein Uebergang des festen Zustandes in den flüssigen allein möglich wird. Durch einfache Wirkung des Wassers und der Wärme, diese nothwendigen Factoren der Fäulniss, kommt niemals eine Colliquation oder Zertümmerung der organischen Substanz zu Stande, wenn nicht dieselbe zuvor gewisse chemische Umwandlungen erlitten hat, durch welche Brüchigkeit oder Weichheit des Gewebes bedingt wird. Diese chemischen Alterationen manifestiren sich daher schon frühzeitig, ausser durch die erwähnten Aenderungen im physikalischen Verhalten des faulenden Theils, namentlich durch Veränderungen in der Farbe, im Geruch und in der Reaction.

Am bekanntesten ist das frühzeitige Auftreten von Gestank bei der Zersetzung thierischer Substanzen, ein Symptom, welches so charakteristisch für die thierische Fäulniss ist, dass es oft schon als alleiniges Kriterium derselben gelten kann. In der Pflanzenwelt sehen wir dagegen alljährlich in Wäldern, auf Wiesen und in Sümpfen ganze Generationen von Vegetabilien der Vermoderung anheimfallen, ohne dass uns die dabei auftretenden Exhalationen durch widerlichen Geruch sonderlich belästigen. Wenn ferner die Weichtheile eines menschlichen oder thierischen Leichnams in Fäul-

---

nischen Trümmer derselben dachte. So fügt auch Talbot selbst einige Zeilen später erläuternd hinzu:

„Und von dem mächt'gen Talbot, der die Welt
Mit seinem Kriegsruhm füllte, bleibt nichts übrig,
Als eine Hand voll leichten Staubs. So geht
Der Mensch zu Ende —."

niss übergehen, machen sie stets eine Reihe sehr auffälliger Farbenveränderungen durch, welche theils auf der Imbibition mit aufgelöstem Blutfarbstoff, theils auf einer Veränderung der Eigenfarbe des Gewebes beruhen. Die Theile werden braun oder schmutzig schwarzroth und verwandeln sich schliesslich in eine graubraune, chocoladenfarbige Masse; beim Durchscheinen durch die transparente Haut verursachen sie einen mannigfaltigen Farbenwechsel vom Weinrothen bis zum schmutzig Blaugrünen. Die grünen Theile der Pflanze dagegen, die prachtvollen Farben der Blumenblätter, werden bei der Vermoderung ausnahmslos gelb und verwandeln sich erst später in eine schwärzliche, kohlenartige Masse, welche in feinen Trümmern dem Erdreich sich beimischt. Faulende Flüssigkeiten und Gewebe zeigen endlich fast ausnahmslos eine alkalische Reaction, während bei vielen der Vermoderung zugehörigen Processen die Bildung saurer Producte die Regel ist.

Bei genauerer Betrachtung ergiebt sich indess, dass alle diese Unterschiede zwischen Fäulniss und Vermoderung keineswegs stichhaltig sind. Denn wie wir später sehen werden, giebt es so wohl nicht riechende thierische Zersetzungen, als es vegetabilische Processe giebt, welche den bekannten moderigen oder sumpfigen Geruch entwickeln; und wie bei der thierischen Fäulniss saure Umsetzungen keineswegs fehlen, so wird auch in Moderflüssigkeiten deutlich alkalische Reaction nicht selten wahrgenommen.

Wir sehen eben hieraus wieder, dass die Unterschiede, welche bei oberflächlicher Beobachtung zwischen Fäulniss und Vermoderung bestehen, keineswegs wesentliche und principielle sind, sondern mehr zufällige und rein äusserliche. Sie resultiren sämmtlich, soweit sie Farbe, Geruch und Rection betreffen, aus der Verschiedenheit der Stoffe, welche im Thier- und Pflanzenreich der Fäulniss resp. der Vermoderung unterliegen.

Im thierischen Organismus sind es vorzugsweise die stickstoff- und schwefelhaltigen sogenannten Proteinverbindungen, welche als die Hauptbildner der Organe den hauptsächlichsten Bestandtheil des thierischen Körpers ausmachen und als solche in erster Lienie der Fäulniss anheimfallen. In der Pflanze dagegen überwiegt der Gehalt an Kohlenwasserstoffverbindungen, insbesondere an Cellulose, so sehr die stickstoffhaltigen Substanzen derselben, dass sich hieraus der Mangel an Fäulnissgeruch, die Bildung saurer

Producte und die Verwandlung in kohlenartige, brennbare Materie vollkommen erklärt.

Man hat vielfach den Process der Fäulniss nur als eine Zersetzung der Eiweisskörper und eiweisshaltigen Verbindungen bezeichnet. Eine solche Definition erweist sich aber als durchaus unzutreffend. Sicherlich bildet bei der Fäulniss der Gewebe die Zersetzung der hier massenhaft angehäuften Eiweissstoffe ein hervorstechendes und charakteristisches Symptom; allein die einfache chemische Betrachtung des in Zersetzung begriffenen Organs lehrt, dass hier durchaus nicht blos einzelne Stoffe oder eine besondere Kategorie von Stoffen, sondern die Gesammtheit der das Organ zusammensetzenden Substanzen der chemischen Decomposition unterliegen. Es sind also bei der Fäulniss des Muskels nicht blos die Eiweisskörper desselben, sondern auch das bindegewebige Stroma, das Fett, die Amide, Salze und andere Bestandtheile an der Zersetzung betheiligt.

Aus diesem Grunde erscheint es auch streng genommen unmöglich, dem Begriffe der Fäulniss und der Vermoderung eine bestimmte chemische Definition zu geben. Man ist nämlich, wie sich schon aus dieser einfachen Erwägung ergiebt, ausser Stande, die thierische Fäulniss etwa als eine Zersetzung sämmtlicher Stickstoff- und Schwefelverbindungen und die Vermoderung blos als eine Spaltung der Kohlenwasserstoffverbindungen zu bezeichnen, wie bisher vielfach bereits geschehen ist, da ja weder ausschliesslich Proteinverbindungen im Thierkörper, noch ausschliesslich Kohlenwasserstoffverbindungen im Pflanzenkörper vorkommen. Es braucht hier nur daran erinnert zu werden, dass eine einzige Kohlenwasserstoffverbindung des Pflanzenreichs allein, nämlich das Fett, im thierischen Körper oft in ausserordentlicher Menge sich vorfindet, während ja andererseits Proteinverbindungen, z. B. das Kleber, Legumin, Chlorophyll und die Diastase, dem Pflanzenreich durchaus nicht fehlen. Kurzum, eine strenge chemische Definition der Fäulniss und der Vermoderung ist, wie leicht ersichtlich, praktisch nicht durchführbar, da bei den natürlich vorkommenden Fäulnissprocessen die Zersetzung der Kohlenhydrate und Fette von der Zersetzung der Eiweisskörper und histogenetischen Stoffe sich nicht trennen lässt. Die Unterschiede, welche zwischen Fäulniss und Vermoderung in chemischer Hinsicht bestehen, sind daher

mehr quantitativer Natur, insofern die Proteinverbindungen bei der einen, die Kohlenwasserstoffe bei der anderen überwiegend an der Zersetzung betheiligt sind.

Betrachten wir nun diese Stoffe etwas näher, so lassen sich fünf Gruppen fäulnissfähiger thierischer Verbindungen unterscheiden: 1) die Eiweisskörper, 2) die leimgebenden Substanzen, 3) die eiweissartigen Verbindungen oder Albuminoide, 4) die Amidsubstanzen und 5) die stickstoffhaltigen organischen Säuren.

Zu der ersten Gruppe rechnen wir das im Thierkörper sehr verbreitete Albumin, ferner das Fibrin, Myosin, Syntonin, Casein, die Globuline u. a., welche Stoffe grösstentheils in dem Körper und den Parenchymflüssigkeiten gelöst vorkommen und daher der fauligen Zersetzung sehr leicht anheimfallen. Den an Masse überwiegenden Bestandtheil des Thierkörpers bilden die sogenannten leimgebenden Substanzen, das Glutin, Chondrin, Mucin, Elastin, Keratin u. s. w., welche in der Gestalt von Bindegewebe, von Sehnen, Knorpel, Knochen, elastischen und structurlosen Häuten die Stützsubstanz der einzelnen Organe und somit des ganzen Körpers darstellen. Zu den Albuminoiden, welche als physiologische Derivate der Eiweisskörper aufzufassen sind, rechnen wir die Peptone und die ungeformten Fermente (Ptyalin, Pepsin, Trypsin u. s. w.). Ferner gehören zu den fäulnissfähigen Verbindungen des Thierkörpers die zahlreichen, als Producte des Stoffwechsels aufgefassten, sogenannten Stoffe der „regressiven Metamorphose", welche theils als Basen (Kreatin, Kreatinin, Tyrin, Glycin, Cystin, Xanthin, Hypoxanthin, Leucin, Tyrosin und Harnstoff), theils als Säuren (Inosinsäure, Hidrotsäure, Glycochol- und Taurocholsäure, Glycolsäure, Hippursäure, Harnsäure) in den Gewebsflüssigkeiten und Secreten des Organismus enthalten sind. Während die Stoffe der Bindesubstanzgruppe meist in fester Form, ihrem Zweck völlig entsprechend, im Thierkörper sich vorfinden, theilen die Stoffe der letztgenannten Gruppen mit den Eiweisskörpern die Eigenschaft, dass sie im Wasser des Organismus grösstentheils gelöst sich finden. In diesem Reichthum des thierischen Körpers an gelöster fäulnissfähiger Materie liegt wohl die Erklärung für den bereits erwähnten Umstand, dass der Zersetzungsprocess an thierischen Organen chemisch und physikalisch ungleich schneller verläuft, als bei den Organen der Pflanze.

Rechnen wir nun zu diesen Stoffen noch alle diejenigen Substanzen, welche zwar nicht in die Reihe der N-haltigen und in specie fäulnissfähigen Verbindungen gehören, wohl aber als integrirende Bestandtheile des lebenden Körpers an dem natürlichen Fäulnissvorgange immer mitbetheiligt sind — ich meine das Fett, das Glycogen, den Zucker, das Protagon, Myelin, Lecithin, die Milchsäure, Bernsteinsäure und viele andere theils wesentliche, theils unwesentliche Körperbestandtheile aus der Reihe der Kohlenhydrate —, so wird klar, dass die Zahl der Stoffe, welche bei der Fäulniss eines thierischen Organs der chemischen Decomposition unterliegen, Legion ist. Zieht man ferner in Betracht, dass das Mischungsverhältniss aller dieser Stoffe sowohl in den verschiedenen Organen und Flüssigkeiten desselben Thieres, als auch bei den verschiedenen Thierspecies ein äusserst wechselvolles ist, so haben wir zugleich hinreichende Gründe für die Erklärung des Umstandes gewonnen, dass in dieses Chaos von Stoffen und Processen analysirend einzudringen der Chemie bis heute fast nicht möglich war.

Anscheinend weniger mannigfaltig sind diejenigen Substanzen, welche den Pflanzenkörper aufbauen und als solche bei der Vermoderung in Betracht kommen. Denn hier überwiegt der Zellstoff oder die Cellulose, d. h. der eigentlich holzige Theil der Pflanze, im Allgemeinen so sehr alle übrigen Kohlenwasserstoffverbindungen, dass durch ihn fast allein schon die äussere Erscheinung der Vermoderung beherrscht wird. Eine Ausnahme von dieser Regel machen nur bestimmte Organe der Pflanze und auch nur bestimmter Pflanzenfamilien, z. B. die fleischigen Früchte der Drupaceen und Pomaceen, die saftreichen Blattgebilde der Stengelpflanzen, viele Wurzeln und Knollen, überhaupt die vorzugsweise zur menschlichen und thierischen Nahrung verwendeten saftreichen Pflanzentheile, in welchen der Gehalt an Cellulose verhältnissmässig zurücktritt und an ihrer Stelle, neben reichem Gehalt an Wasser und Salzen, gewisse specifische Pflanzenstoffe, insbesondere die Stärke, der Zucker, das Gummi, Dextrin, die zahlreichen Fette und Oele, die Harze, und endlich die Pflanzensäuren (Oxalsäure, Weinsäure, Aepfelsäure, Citronensäure, Gerbsäure u. s. w.) sich finden. Somit ist auch a priori klar, dass die Vermoderung eines Apfels oder einer Kartoffel unter einem ganz anderen Bilde verlaufen und auch ganz andere Producte liefern wird, als

die Vermoderung der Blätter und Reiser, welche im Walde alljährlich von den Bäumen fallen und die bekannte braunschwarze Humusschicht des Waldbodens bilden.

Es wurde schon erwähnt, dass Proteinverbindungen dem Pflanzenreich durchaus nicht fehlen; sie kommen theils als Pflanzeneiweiss (Albumin), theils in modificirter Form als Kleber, Legumin, Chlorophyll, Diastase u. s. w. vorzugsweise in den Früchten der Pflanze vor. An Menge stehen jedoch alle diese N-haltigen Verbindungen so sehr hinter der Cellulose und der Heerschaar der Kohlenhydrate und anderen CH-Verbindungen zurück, dass durch ihre Gegenwart der Charakter der Vermoderung kaum merklich beeinflusst wird.

Der Begriff der Vermoderung und der Fäulniss ist eben kein chemischer, sondern ein mehr conventioneller und physiologischer. Wir können unter Fäulniss nicht etwa die Zerlegung einzelner stickstoffhaltiger Substanzen des Thierkörpers und unter Vermoderung nicht blos die Auflösung der Kohlenhydrate oder der Cellulose in Kohlensäure und Wasser verstehen, sondern wir müssen mit diesen Begriffen alle diejenigen chemischen und physikalischen Umsetzungen bezeichnen, welche den gesammten Thierkörper und den gesammten Pflanzenkörper betreffen. Unverkennbar ist für die erstere Art der Fäulniss die Zersetzung der Proteinsubstanzen und für die zweite Gruppe von Veränderungen die Zersetzung der Kohlenwasserstoffverbindungen das Charakteristische und Hervorstechende; aber dennoch kann sich die Definition von Fäulniss und Vermoderung nicht auf die beiden Kategorieen von Stoffen beschränken; da eine vollständige Trennung derselben in den natürlichen Zersetzungsprocessen des Thier- und Pflanzenkörpers in der That nicht möglich ist.

Aus demselben Grunde erklärt es sich auch, dass es bisher so ausserordentlich schwierig war, in den Chemismus der Veränderungen bei der Fäulniss und Vermoderung tiefer einzudringen und eine genauere Erklärung der Art und Weise des Geschehens zu geben, in welcher die soeben aufgezählten Stoffe des Thier- und Pflanzenreichs in die Endproducte zerlegt werden. Eine genügende und vollständig erschöpfende Kenntniss des Wesens der Fäulnissprocesse fehlt uns in der That bis auf den heutigen Tag noch gänzlich und wird auch wohl noch für lange Zeit ein frommer Wunsch bleiben. Es kann dieser Mangel aber kaum als ein Vorwurf gegen

die analytische Chemie betrachtet werden; denn die materiellen und principiellen Schwierigkeiten erscheinen bei näherer Betrachtung fast unüberwindlich. Die grosse Mannigfaltigkeit der organischen Stoffe, welche in einem thierischen oder pflanzlichen Gewebe vorkommen und stets gleichzeitig der Decomposition unterliegen, die an und für sich schon complexe Zusammensetzung jedes einzelnen dieser Stoffe, endlich das Chaos von Umsetzungen, welche bei der Fäulniss eines Organs neben und nach einander verlaufen, macht es in der That unmöglich, der Natur und dem Gange dieser Zersetzungen im Einzelnen zu folgen. Man hat wohl durch einfache Analyse die Stoffe ermittelt, welche an der Zersetzung betheiligt sind, und die Producte bestimmt, welche aus den sich zersetzenden Stoffen hervorgehen; aber wie diese Producte aus der fäulnissfähigen Substanz entstanden sind, ist uns bis jetzt nur an einzelnen Beispielen bekannt.

Der einzige Weg, welcher sich hier mit einiger Aussicht auf Erfolg betreten lässt, ist der, dass man jeden einzelnen der an der Fäulniss betheiligten Stoffe für sich allein unter den üblichen Bedingungen der fauligen Zersetzung unterwirft und die Veränderungen, welche derselbe hierbei nach einander erleidet, Schritt für Schritt feststellt. Erst aus der Reihenfolge dieser Veränderungen und aus der Natur der neu gebildeten Stoffe wird es möglich sein, einen einigermassen klaren Einblick in den natürlichen Gang der Zersetzung zu gewinnen. Dieser Weg ist in der neuesten Zeit von physiologischen Chemikern, insbesondere Hoppe-Seyler und seinen Schülern, mit dem günstigsten Erfolge betreten worden.

Am besten ist wohl in dieser Hinsicht bis jetzt die Fäulniss des Faserstoffes erforscht. Das Fibrin ist bekanntlich, nach den Untersuchungen von Al. Schmidt, eine aus der Zusammenwirkung zweier löslicher Eiweisskörper durch Fermentation (Gerinnung) hervorgegangene unlösliche Modification, welche, für sich allein mit Wasser angesetzt, bei Luftabschluss chemisch unverändert bleibt, unter der Einwirkung von Wärme und Fäulnissfermenten jedoch leicht in Fäulniss übergeht. Es bildet sich dabei, wie Hoppe-Seyler, Kühne und Andere fanden, aus dem unlöslichen Fibrin zunächst eine lösliche Eiweisssubstanz, welche in die Kategorie der Globuline zu gehören scheint und einem anderen Eiweisskörper, dem Myosin, sehr ähnlich ist; gleichzeitig entsteht im Kolben ein flockiger, eiweissartiger Niederschlag, welcher sich bei

Behandlung mit Sodalösung und verdünnter Salzsäure grösstentheils auflöst. Alsdann bilden sich Peptone, während gleichzeitig CO_2 und H_3N entweichen; weiterhin sind Leucin und Tyrosin, noch später Indol und Buttersäure und endlich als Endproducte H_3N, H_2S und CO_2 nachweisbar.

Aus dieser einfachen, wenigstens in ihrem Anfangstheil ziemlich genau studirten Zersetzungsgeschichte ergeben sich zwei für das theoretische Verständniss der Fäulnissprocesse wichtige Thatsachen, nämlich 1) dass die Zahl der Stoffe, in welche die fäulnissfähige Substanz zerfällt, eine relativ grosse ist, und 2) dass die Umwandlung der letzteren in die Endproducte nicht plötzlich auf einmal erfolgt, sondern langsam und schrittweise sich vollzieht. Man kann also deutlich Phasen der Zersetzung unterscheiden, indem die fäulnissfähige Sustanz zunächst in eine oder mehrere, der ursprünglichen Constitution noch nahestehende Modificationen übergeht, welche secundär den Charakter der Proteinstoffe einbüssen und sich in Stoffe von saurer oder basischer Beschaffenheit umwandeln; erst diese scheinen dann durch weitere Spaltung vollständig in die einfacheren und einfachsten Endproducte zu zerfallen. Ich glaube auf diese schrittweise Umwandlung der fäulnissfähigen Verbindungen des Thier- und Pflanzenkörpers hier besonderes Gewicht legen zu müssen, weil sie uns zeigt, dass bei der Decomposition eines einzelnen Stoffes schon sehr verschiedenartige Processe und Umsetzungen Platz greifen, welche den Fäulnissprocess im Ganzen als einen höchst complicirten, aus mannigfachen Einzelprocessen zusammengesetzten Vorgang erscheinen lassen. Es widerspricht ferner diese Erfahrung auf das Bestimmteste der noch vielfach gangbaren, auf einseitigen Vorstellungen über die Fermente basirten oberflächlichen Ansicht, dass Fäulniss nichts Anderes sei, als „eine Spaltung von Eiweisskörpern (durch Bacterien) in Ammoniak und in einige andere Stoffe, welche als Nebenproducte auftreten.“ Es giebt überhaupt wohl nur wenige Processe, welche so einfach verlaufen, dass sich der Chemismus derselben als eine directe Zerlegung in die entsprechenden Endproducte auffassen lässt; es sind dies insgesammt Umsetzungsprocesse, welche nur an einzelnen fäulnissfähigen Verbindungen (z. B. Harnstoff) verlaufen und einen ganz besonderen Charakter tragen. Von diesen Processen wird später ausführlicher die Rede sein.

Eines anderen Weges als des oben angegebenen bediente sich Schützenberger[1]), die Art der Zerlegung der Proteinsubstanzen zu studiren. Er ging von der chemischen Thatsache aus, dass die Eiweisskörper, längere Zeit hindurch mit Aetzalkalien und Wasser gekocht, eine ganz ähnliche Zersetzung eingehen und fast genau dieselben Producte liefern, wie bei der Fäulniss. Die von ihm auf diese Weise untersuchten Stoffe waren das Albumin, Ossein, Chondrin, ferner Hausenblase und Gelatine, welche 1—8 Tage lang mit Aetzbarytlösung auf 100—150° C. erhitzt wurden. Es fanden sich alsdann bei der Untersuchung dieser verschiedenen Flüssigkeiten fast immer dieselben Producte vor, nämlich Leucin und Tyrosin, ferner Essigsäure, Amidobuttersäure, Amidovaleriansäure, Asparaginsäure, Glutaminsäure und einige andere bisher unbekannte Amidosäuren, endlich Dextrin, Oxalsäure, schweflige Säure, CO_2 und H_3N. Die beiden letztgenannten Stoffe traten dabei in demselben quantitativen Verhältniss auf, wie bei der Zersetzung des Harnstoffs, nämlich wie 1 : 2[2]).

Auch diese Untersuchungen, wenn ihre Resultate uns auch über die ersten Stadien der Zersetzung und über die Reihenfolge der später auftretenden Producte gar keinen Aufschluss geben, sind doch für das theoretische Verständniss in mancher Hinsicht beachtenswerth. Denn einerseits ersehen wir hieraus, dass der chemische Zersetzungsprocess, wie er bei der Fäuniss statt hat, sich auch durch künstliche Agentien erzeugen lässt; andererseits deutet die Thatsache, dass bei der Zerlegung verschiedener Substanzen fast immer dieselben Producte entstehen, mit Nothwendigkeit auf die Annahme hin, dass diese Zersetzungen immer mit einer gewissen Gleichartigkeit erfolgen. Im Einklang mit diesem letzteren Ergebniss sehen wir auch bei der natürlichen Fäulniss verschiedenartiger

[1]) P. Schützenberger: Recherches sur les matières albuminoides. Compt. rend. 1875. Bd. LXXX. p. 232—236. — C. r. 1876. Bd. LXXXI. p. 1108. — C. r. 1876. Bd. LXXXII. p. 262. — C. r. 1877. Bd. LXXXIV. No. 3.

[2]) Die Zersetzung des Eiweiss erfolgt hierbei nach Schützenberger unter der Aufnahme von **$18 H_2O$** und kann annähernd durch folgende Formel ausgedrückt werden:

$$\underset{\text{Eiweiss}}{C_{72}H_{114}N_{18}O_{22}S} + 18 H_2O = CO_2 + C_2H_2O_4 + C_2N_4O_2 + 4 NH_3 + S + \underset{\text{Amidosäure}}{C_{67}H_{132}N_{14}O_{32}}.$$

(Recherches sur la constitution des matières albuminoides. Compt. rend. 1876. Bd. LXXXI. p. 1108.)

thierischer Stoffe, eine gewisse Uebereinstimmung der äusseren Bedingungen vorausgesetzt, nach einem bestimmten Zeitraum fast immer dieselben Producte auftreten. Es lässt sich hieraus der nicht unwichtige Wahrscheinlichkeitsschluss machen, dass die Art und Weise, wie die organische Substanz durch die Fäulniss zerlegt wird, bei den Eiweisskörpern und leimgebenden Substanzen mit ursprünglich verschiedener chemischer Constitution nach gewissen übereinstimmenden Gesetzen erfolgt. Dass wenigstens von einem gewissen Momente der Zersetzung ab eine Gleichartigkeit in der Zerlegung der organischen Materie herrscht, lässt sich aus der unten genauer zu besprechenden Thatsache schliessen, dass die Endproducte der Fäulniss fast in allen Fällen und unter allen Bedingungen gleich gefunden werden, nämlich Kohlensäure, Wasser, Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Schwefelammonium, Chloride, ferner kohlensaure, schwefelsaure, salpetersaure und salpetrigsaure Alkalien und Erden.

Es kommen nun auch in der freien Natur faulige Zersetzungen von einfacherem Character vor, bei welchen sich die Art der Zerlegung durch die Fäulniss sehr leicht übersehen lässt. Es sind dies namentlich die Zersetzung des Harnstoffs, wie sie im Harn des Menschen und der Säugethiere vor sich geht, und die Fäulniss des Leucin und Tyrosin. Die beiden letztgenannten Stoffe sind selbst schon Producte der fauligen Zersetzung und scheiden sich gewöhnlich gleichzeitig auf der Oberfläche todter oder stagnirender organischer Substanzen (Fleisch, Käse, Eiter) in fester krystallinischer Form ab. Der Harnstoff ist also eine jener Substanzen, welche nur eine einfache Spaltung erleiden und bei der Fäulniss direct in ihre Endproducte zerfallen. Es erfolgt hier die Zerlegung unter Aufnahme von je 1 Mol. Wasser und zwar nach folgender Formel:

$$CO\begin{cases}NH_2\\NH_2\end{cases} + H_2O = CO_2 + 2H_3N.$$

Der Process verläuft also in der That in so übersichtlicher Weise, dass er sich durch eine einfache chemische Gleichung ausdrücken lässt; durch Aufnahme eines Molekuls Wasser in die Verbindung des Harnstoffs (Hydration) wandelt sich derselbe in eine neue Verbindung um, welche zu CO_2 und H_3N im Verhältniss von 1 : 2 zerfällt. Ebenso lässt sich der Process der Fäulniss des Leucin,

welcher in etwas complicirterer Weise verläuft, durch folgende Gleichung darstellen:

$$\underset{\text{Leucin}}{C_6H_{13}NO_2} + 2H_2O = H_3N + \underset{\text{Baldriansäure}}{C_5H_{10}O_2} + CO_2 + 2H_2.$$

Es erfolgt hier also die Fäulniss des Leucins unter der Zerlegung des Wassers, wobei der Sauerstoff mit einem Kohlenstoffatom zu CO_2 sich verbindet und der Wasserstoff als Gas entweicht, während die Reste des Leucinmolekuls sich zu Baldriansäure und Ammoniak gruppiren. Zersetzungen dieser Art, welche in die Gruppe der Reductionsprocesse gehören und für die Fäulniss thierischer Stoffe ausserordentlich charakteristisch sind, werden wir später noch mehrfach kennen lernen.

In der Kategorie der Vermoderungsprocesse sind derartige Umsetzungen von relativ einfachem Charakter weit häufiger. Es sind dies Umsetzungen, welche niemals den ganzen Pflanzenkörper oder abgetrennte Theile desselben, sondern nur einzelne Stoffe aus der Reihe der Kohlenhydrate betreffen und gewöhnlich als „Gärungen“ [1]) bezeichnet werden. Wir rechnen dahin die Umwandlung der Stärke in Dextrin und Zucker, die des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure, des Milchzuckers in Milchsäure, des Alkohols in Essigsäure, der Milchsäure in Buttersäure, der Aepfelzu Bernsteinsäure und einige andere Processe. Es sind dies Umsetzungen, welche nicht blos in abgestorbenen oder dem Haushalt der Pflanze entzogenen Theilen, z. B. in Fruchtsäften, vorkommen, sondern theilweise auch als fermentative Processe im lebenden Pflanzenkörper, beim Keimen der Samen, beim Reifen der Früchte u. s. w. eine Rolle spielen.

Die Gärungsprocesse haben aber auch ein wichtiges prak-

---

[1]) Das Wort „Gärung“ (fermentatio), welches bisher vielfach mit Fäulniss promiscue gebraucht wurde, ist uralt und bedeutet ursprünglich jede Art chemischer Umwandlung, welche mit Gasentwickelung verbunden ist und dadurch den Eindruck des Kochens oder Siedens macht. Das Wort „fermentatio“ (Gärung) ist abgeleitet von „ferveo, fervesco — warm machen, sieden, wallen“ und wurde gebraucht für die Gärung des Brodes durch Sauerteig (fermentum), ferner für die Gärung des Weines, des Bieres und anderer Fruchtsäfte. Im Mittelalter rechnete man zu den Gärungen auch noch die Verdauung und einige andere Umsetzungen, welche im Thier- und Pflanzenkörper vor sich gehen. — Unser deutsches Wort „Gärung“ ist in demselben Sinne, wie das lateinische fermentatio, hergeleitet von „gar machen, gärig machen, reif werden“, so dass die richtigere Schreibweise dem entsprechend auch nicht „Gährung“, sondern „Gärung“ ist..

tisches resp. culturhistorisches Interesse. Seit Alters her werden bekanntlich gegorene Flüssigkeiten als Nahrungs- und Genussmittel im Leben der Völker gebraucht, und die Darstellung solcher Flüssigkeiten beschäftigt noch heute ganze Berufsklassen unseres bürgerlichen Lebens. Lange vorher, noch ehe der Mensch daran dachte, das Wesen dieser nutzbringenden Processe zu erforschen, war die Kunst der Bereitung gegorener Getränke ein Gemeingut fast aller Nationen, von deren Leben wir überhaupt geschichtliche Kunde erhalten haben. Im alten Babylonien trank man bereits gegorenen Palmwein; bei den Phöniciern, den alten Griechen und Römern bildete der Traubensaft, insbesondere der feurige Wein von Cypern und Falernum, ein beliebtes und von den Dichtern vielfach besungenes Genussmittel.[1] Die Israeliten bereiteten, wie Moses berichtet, schon gesäuertes und ungesäuertes Brod und kannten die gärungerregende Wirkung der Hefe und des Sauerteigs. Unsere deutschen Vorfahren berauschten sich in Meth, einem aus Honig dargestellten, dem Biere ähnlichen weingeistigen Getränk, und die Tartaren in alkoholisch gegorener Stutenmilch, dem sogenannten Kumys. Den Brodteig mit Hefe zu vermengen und gesäuertes Brod darzustellen, war nach Plinius bei den meisten Völkern Mitteleuropas schon seit den ältesten Zeiten im Gebrauch.

In der Neuzeit wird die Kunst der Bereitung gegorener Getränke in grösster Ausdehnung und mit bedeutend vervollkommneter Technik geübt. Wein, Bier, Branntwein und ähnliche alkoholische Flüssigkeiten sind bei den meisten Völkern der Gegenwart ein unentbehrliches Genussmittel nicht nur der arbeitenden, sondern auch der wohlhabenden Klassen geworden und bilden einen wichtigen Gegenstand der Industrie und des Handels.

Die Zahl der zur industriellen und ökonomischen Verwendung kommenden Gärungsprocesse ist ausserordentlich gross. So spielt

---

[1]) Nach C. O. Harz (Grundzüge der alkoholischen Gährungslehre, München 1877, pag. 2) reicht auch in Amerika die Kenntniss der Bereitung alkoholischer Getränke weit über das historische Zeitalter hinaus. Im alten Inkareiche, in Mexico und anderen Ländern wurden zur Zeit der Entdeckung Amerikas ganz allgemein aus Fruchtsäften berauschende Getränke dargestellt. „Ein Naturforscher begegnete vor einigen Jahren einem ganz uncivilisirten Indianerstamme, bei welchem aus ältester Zeit die Kunst überliefert war, berauschenden Maiswein darzustellen. Alte Frauen fand er damit beschäftigt, befeuchtete unreife Maisfrüchte und Maiskolben durch Kauen in einen Brei zu verwandeln. Die also zerkleinerte Substanz wurde mit Wasser in ausgehöhlten grossen Fruchtschalen der Gärung überlassen und nach Beendigung dieser das Getränk bei Festlichkeiten consumirt.“

bekanntlich die alkoholische Gärung des Traubenzuckers im Malzdecoct (Bierwürze) bei der Bierbrauerei, die Alkoholgärung des Traubensaftes bei der Weinfabrikation, die geistige Gärung des Stärkezuckers (Kartoffelstärke, Getreidestärke) bei der Spiritusbrennerei eine wichtige Rolle; auch in anderen zuckerhaltigen Fruchtsäften führt der Process der Alkoholgärung zur Darstellung bekannter volksthümlicher Genussmittel, welche durch ihren erfrischenden Gehalt an Kohlensäure und durch die berauschende Wirkung des Alkohols ausgezeichnet sind, z. B. des Sects, des Ciders oder Apfelweins, des Johannisbeer- nnd Stachelbeerweins und vieler anderer. Die Milchsäuregärung ferner ist die Ursache des sogenannten Sauerwerdens der Milch und bildet durch die gleichzeitige Ausfällung des Caseins den Voract für die Käsebereitung. Die Essiggärung endlich sehen wir fast täglich vor sich gehen beim Sauerwerden des Bieres und Weines und in grossem Maassstabe künstlich betrieben bei der Fabrikation des Essigs. Diese ausgedehnte industrielle und wirthschaftliche Verwerthung gegorener Stoffe erklärt es, dass die Gärungsprocesse nicht blos technisch, sondern auch chemisch und physiologisch von allen Zersetzungen todter Stoffe bis jetzt am besten erforscht sind.

Durchweg handelt es sich hier um Kohlenhydrate, welche, zum Theil unter Abspaltung von Molekulen CO_2, H_2O oder H, zum Theil unter Aufnahme von H_2O oder O, sich zu neuen Kohlenwasserstoffverbindungen nächst einfacherer Constitution gruppiren. Bei den meisten Umsetzungen dieser Art verläuft der Process in so einfacher Weise, dass er sich sehr leicht chemisch übersehen lässt. So wird z. B. die alkoholische Gärung in zuckerhaltigen Flüssigkeiten gewöhnlich durch folgende Formel ausgedrückt:

$$\underset{\text{(Traubenzucker)}}{C_6H_{12}O_6} = \underset{\text{(Alkohol)}}{2\,C_2H_6O} + 2\,CO_2;$$

das heisst, ein Molekul Zucker zerfällt bei der Gärung in je zwei Molekule Alkohol und Kohlensäure. Allein ganz so einfach ist dieser Process, wie Pasteur gezeigt hat, in Wirklichkeit nicht. Pasteur[1]) wies nach, dass bei der Alkoholgärung nicht aller Zucker in Alkohol und CO_2 zerlegt wird, sondern ein Theil desselben, etwa 5 pCt., zur Bildung von Glycerin und Bernsteinsäure, sowie als Nahrung für die Hefezellen verwandt wird, welche daraus

[1]) Comptes rendus. 1858. Bd. XLVI. p. 179 u. 857.

Zellenbestandtheile (Fett und Cellulose) bilden. 100 Theile Rohrzucker ($C_{12}H_{22}O_{11}$) oder entsprechend 105,36 Theile Traubenzucker ($C_6H_{12}O_6$) gaben bei der Gärung nach Pasteur's Versuchen:

Alkohol	51,11	pCt.
Kohlensäure	49,42	„
Bernsteinsäure	0,67	„
Glycerin	3,16	„
Hefesubstanz	1,00	„

Unter diesen Producten sind die beiden erstgenannten, der Alkohol und die Kohlensäure, offenbar die wichtigsten; sie treten immer in weit überwiegender Menge in gärenden Flüssigkeiten auf (Hauptproducte), während die anderen hierbei gebildeten Stoffe (Bernsteinsäure und Glycerin) gewöhnlich nur in sehr geringer Menge in denselben nachweisbar sind (Nebenproducte). Man bezeichnet daher die Gärung auch zweckmässig immer nach dem Hauptproduct und spricht in diesem Sinne von einer Alkoholgärung, einer Essiggärung, Milchsäuregärung, Buttersäuregärung u. s. w.

Auch bei der Essiggärung, welche nächst der Alkoholgärung wohl der wichtigste dieser Processe ist, verläuft die chemische Umsetzung in so übersichtlicher Weise, dass sie sich Schritt für Schritt verfolgen lässt. Aus Weingeist bildet sich durch Oxydation zunächst Aldehyd, wobei Wasser als Nebenproduct ausgeschieden wird, und aus dem Aldehyd durch weitere Oxydation erst die Essigsäure.

$$\underset{\text{Alkohol}}{C_2H_6O} + O = \underset{\text{Aldehyd}}{C_2H_4O} + \underset{\text{Wasser}}{H_2O}$$

$$\underset{\text{Aldehyd}}{C_2H_4O} + O = \underset{\text{Essigsäure}}{C_2H_4O_2}.$$

Es ist also dieser Gärungsprocess ein reiner Oxydationsprocess, bei welchem nichts weiter stattfindet, als dass Sauerstoff in die Verbindung des Alkohols aufgenommen und dafür Wasserstoff im äquivalenten Verhältniss (2H) als Wasser sich ausscheidet. Etwa 46 Theile wasserfreien Alkohols nehmen bei der Essiggärung 52 Theile Sauerstoff auf und liefern 51 Theile wasserfreie Essigsäure nebst 27 Theilen Wasser. Dieser Process kommt häufig als freiwillige Umsetzung in allen weingeisthaltigen Flüssigkeiten vor, wofern dieselben nicht mehr als höchstens 8—10 pCt. Alkohol ent-

halten, und wird auch künstlich im Grossen für verschiedene technische und ökonomische Zwecke verwendet.

Auch die Milchsäuregärung, welche die Ursache des Sauerwerdens und Gerinnens der Milch ist und in der frisch secernirten Milch unter den gewöhnlichen Bedingungen meist schon innerhalb 24 bis 48 Stunden einzutreten pflegt, verläuft in ähnlicher Weise. Es wird hierbei der Milchzucker unter Aufnahme von 1 Mol. Wasser (Hydration) durch die Wirkung besonderer Fermente in 4 Mol. Milchsäure gespalten, nach folgender Formel:

Milchzucker Wasser Milchsäure

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = 4C_3H_6O_3.$$

Auch manche Fäulnissprocesse, welche an einzelnen Stoffen sich abspielen, namentlich die bereits erwähnte Zersetzung des Harnstoffs und des Leucins, verlaufen so gärungsähnlich, dass man auf sie die Bezeichnung „Gärung“ ebenfalls angewandt hat. So spricht man noch jetzt vielfach von einer „amoniakalischen Harngärung“, von einer „Baldriansäuregärung“ des Leucins u. s. w. Da nun bei diesen Umsetzungen vorzugsweise alkalisch reagirende Producte (Ammoniak) auftreten, bei den Umsetzungen der Kohlenhydrate dagegen überwiegend saure Producte gebildet werden, so hat man jene als „alkalische Gärung“ und diese als „saure Gärung“ von einander unterschieden. Es hatte diese Nomenclatur um so weniger etwas Auffallendes, als, wie bereits erwähnt, der Begriff „Gärung“ in früheren Zeiten überhaupt ein ganz unbestimmter war. Ich halte indess diese Unterscheidung weder für nothwendig, noch überhaupt für zweckmässig, da sie sich eben nur auf einige äussere, noch dazu unwichtige Merkmale bezieht, aber für das Wesen dieser Processe gar nichts erklärt.

Es hat auf den ersten Blick ohne Zweifel etwas Befremdliches, wenn ich abweichend von der üblichen Terminologie und entgegen der gewöhnlichen Anschauung die „Gärungen“ den Vermoderungsprocessen zurechne. In der That bilden sie aber nur eine Theilerscheinung dieser letzteren und werden in gleicher Weise bei der gewöhnlichen Vermoderung der Vegetabilien beobachtet, als sie selbstständig in pflanzlichen Säften und Auszügen auftreten. Ein vermodernder Apfel oder eine vermodernde Traube liefert ganz ebenso der Reihe nach Alkohol, Kohlensäure, Essigsäure, Bernsteinsäure oder Milchsäure, Buttersäure, Ameisensäure u. s. w., wie

die entsprechenden Kohlenhydrate für sich allein in gärenden Flüssigkeiten. Die Umsetzungsprocesse erfolgen also in beiden Fällen ursprünglich in ganz derselben Weise; nur schreiten dieselben bei der Vermoderung continuirlich fort bis zur Auflösung des gärungsfähigen Körpers in die Endproducte Kohlensäure und Wasser, bei den Gärungen dagegen werden sie künstlich, durch Unterbrechung des Gärungsactes, auf einer bestimmten Phase der Umsetzung erhalten. [1])

Dass die verschiedenartigen Gärungen, welche nach einander an einem Stärkemolekul verlaufen, thatsächlich genau dieselbe Tendenz im Chemismus zeigen und zu ganz demselben Endresultat führen, wie die Fäulniss, lässt sich nicht besser zeigen, als wenn wir die einzelnen gärungsartigen Umsetzungen neben einander stellen und die Schicksale des Stärkemolekuls in denselben verfolgen. Wir erhalten auf diese Weise eine continuirlich fortschreitende Reihe von Veränderungen, in welchen der gärungsfähige Körper schrittweise in immer einfachere Verbindungen zerlegt wird und schliesslich vollständig in binäre, nicht weiter spaltbare Endproducte, in Kohlensäure, Wasser und Sumpfgas, zerfällt.

In der ersten Phase dieser Umsetzung wird zunächst das Stärkemolekul durch die Einwirkung eines besonderen, saccharificirenden Fermentes in Dextrin und Traubenzucker verwandelt. Dieser Process geht bekanntlich häufig schon innerhalb der lebenden Pflanze vor sich, z. B. beim Reifen der Früchte, und lässt sich chemisch durch folgende Formel ausdrücken:

$$\underset{\text{Stärke}}{3(C_6H_{10}O_5)} + H_2O = \underset{\text{Dextrin}}{C_{12}H_{20}O_{10}} + \underset{\text{Zucker.}}{C_6H_{12}O_6}$$

[1]) Diese Gleichartigkeit der Zersetzungsprocesse, welche man als Fäulniss, Vermoderung und Gärung zu unterscheiden pflegt, wurde übrigens schon von v. Liebig (Die organische Chemie und ihre Anwendung auf Agricultur und Physiologie. 6. Aufl. Braunschweig 1846. Seite 383) hervorgehoben und in sehr klarer Weise ausgesprochen. Er sagt bezüglich dieses Punktes wörtlich: „Man ist gewissermassen übereingekommen, mit dem Ausdruck Gärung die Metamorphose derjenigen Theile zu bezeichnen, welche geruchlose gasförmige Producte entwickeln, während die Bezeichnung Fäulniss gewöhnlich für diejenigen von selbst erfolgenden Zersetzungen gebraucht wird, in denen übel riechende Gasarten gebildet werden. Der Geruch kann aber, wie sich von selbst versteht, keineswegs über die Natur der Zersetzung als entscheidender Charakter gelten; beide, Gärung und Fäulniss, sind einerlei Zersetzungsprocesse, die erstere von stickstofffreien, die andere von stickstoffhaltigen Substanzen."

Dextrin geht alsdann, und zwar ebenfalls unter Wasseraufnahme (Hydration), gleichfalls in Zucker über:

$$C_{12}H_{20}C_{10} + 2H_2O = 2(C_6H_{12}O_6)$$
Dextrin Zucker.

Nachdem so die gesammte Stärke in Zucker verwandelt ist, geht dieser in der früher beschriebenen Weise die Alkoholgärung ein, nach folgender Formel:

$$C_6H_{12}O_6 = 2(C_2H_6O) + 2CO_2.$$
Zucker Alkohol

Die Kohlensäure entweicht hierbei, und der Alkohol wird dann weiterhin durch Essiggärung zu Essigsäure oxydirt:

$$C_2H_6O_2 + 2O = C_2H_4O_2 + H_2O.$$
Alkohol Essigsäure

Diese Essigsäure wird dann schliesslich noch weiter oxydirt und kann direct in Kohlensäure und Wasser zerfallen:

$$C_2H_4O_2 + 4O = 2CO_2 + 2H_2O.$$

Falls die Essigsäure nicht frei, sondern an Alkalien gebunden in der Gärungsflüssigkeit vorkommt, geschieht diese Umwandlung in der Weise, dass das essigsaure Salz in ein kohlensaures Salz umgewandelt wird, unter Entbindung von Wasser. Unter Umständen kann die Essigsäure auch, z. B. bei der Einwirkung von Cloakenschlamm, gebunden an Kalk, wie Herter[1]) gezeigt hat, in kohlensauren Kalk, Kohlensäure und Sumpfgas zerfallen, nach folgender Formel:

$$(C_2H_3O_2)_2Ca + H_2O = CO_3Ca + CO_2 + 2CH_4.$$

Mit dieser Auflösung der Essigsäure in Kohlensäure, Wasser und Sumpfgas ist dann die Decomposition des Stärkemolekuls vollendet.

In ganz ähnlicher Weise werden auch andere gärungsfähige Stoffe, z. B. der Milchzucker und die Milchsäure, durch continuirlich fortschreitende Gärung zerlegt; ebenso kann der Trauben- und Fruchtzucker anstatt der Alkoholgärung die Milchsäuregärung eingehen und dann, wie folgt, weiter zerlegt werden.

Bei der Umwandlung des Milchzuckers (oder Traubenzuckers) bildet sich zunächst Milchsäure nach folgender Formel:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = 4(C_3H_6O_3); \text{ oder}$$
Milchzucker Milchsäure

[1]) Pflüger's Archiv Band 12 pag. 13.

$$\underset{\text{Traubenzucker}}{C_6H_{12}O_6} = \underset{\text{Milchsäure}}{2(C_3H_6O_3)}.$$

Diese Milchsäure wandelt sich unter der Einwirkung desselben Ferments weiterhin in Buttersäure um, wobei gleichzeitig Kohlensäure und Wasserstoffgas frei wird:

$$\underset{\text{Milchsäure}}{2(C_3H_6O_3)} = \underset{\text{Buttersäure}}{C_4H_8O_2} + 2CO_2 + 2H_2.$$

Die Buttersäure geht dann, meist an Alkalien oder Erden (Kalk) gebunden, durch Gärung in Ameisensäure über, unter Entwicklung von Wasserstoff:

$$\underset{\text{Buttersäure}}{C_4H_8O_2} + 6O = \underset{\text{Ameisensäure}}{2CH_2O_2} + 2CO_2 + 2H_2.$$ [1]

Der ameisensaure Kalk endlich zerfällt unter der Einwirkung von Fäulnissferment in kohlensauren Kalk, Wasser, Kohlensäure und Wasserstoffgas:

$$\underset{\text{ameisens. Kalk}}{(CHO_2)_2Ca} + 2H_2O = \underset{\text{bas. kohlens. Kalk}}{(CHO_3)_2Ca} + 2H_2 = \underset{\text{kohlens. Kalk}}{CO_3Ca} + H_2O + CO_2 + 2H_2.$$

Mit diesem letzten Act ist die völlige Auflösung des Milchzuckermolekuls in die anorganischen Endproducte bewirkt.

Ganz dieselben Umwandlungen können auch andere Kohlenhydrate, z. B. der Rohrzucker, durchmachen, entweder nämlich, indem er durch Milchsäuregärung in Milchsäure übergeht und dann, wie oben beschrieben, weiter zerlegt wird, oder aber, indem er durch Inversion in Glycose und Traubenzucker sich umwandelt und dann die Schicksale des letzteren erleidet. Auch braucht der Traubenzucker nicht immer in der obigen Weise (durch Alkoholgärung) zu zerfallen, sondern kann auch die Milchsäuregärung eingehen; ebenso wie auch Milchzucker durchaus nicht immer auf dem Wege der Milchsäuregärung zerstört wird, sondern unter gewissen Bedingungen gleichfalls die alkoholische Gärung erleiden kann (Kumys).

In allen diesen Fällen erfolgt also die Zerlegung des gärungsfähigen Körpers in derselben Weise, wie bei der Fäulniss, und als das Ende aller Gärungen beobachten wir die völlige Auflösung des Kohlenhydratmolekuls in Kohlensäure, Wasser, Wasserstoff oder

---

[1] Die Richtigkeit dieser Formel kann ich nicht verbürgen; ich habe dieselbe nirgends auffinden können.

Sumpfgas, wie sie bei der Vermoderung des ganzen Pflanzenkörpers erfolgt.

In neuester Zeit hat aber diese Analogie zwischen den Gärungen der Kohlenhydrate und der eigentlichen Fäulniss noch eine weitere wichtige Stütze erfahren. Hlasiwetz und Habermann[1]) zeigten nämlich, dass Gärung und Fäulniss nicht blos hinsichtlich der Tendenz und der Art der Zerlegung, sondern auch bezüglich der dabei auftretenden Producte eine sehr auffallende Uebereinstimmung zeigen. Sie gaben eine vergleichende Zusammenstellung der bei der Fäulniss der Proteinsubstanzen und der Gärung der Kohlenhydrate auftretenden Producte, aus welcher hervorgeht, dass dieselben in sehr einfachen und nahen Beziehungen zu einander stehen. Ich lasse die von ihnen aufgestellte Tabelle hier wörtlich folgen.

Man hat bis jetzt, nach der Angabe jener Autoren, gefunden:

A. aus Kohlenhydraten	B. aus Proteinstoffen
CO_2, H.	CO_2, H, H_2S, H_3N.
Aethylalkohol	Aethylammin
Propylalkohol	Propylammin
Butylalkohol	—
Amylalkohol	Amylammin
—	Caprolammin
Glycerin	—
Essigsäure	Essigsäure
Propionsäure	Propionsäure
Buttersäure	Buttersäure
Valeriansäure	Valeriansäure
Milchsäure	Milchsäure
Bernsteinsäure	—
—	Leucin (und Tyrosin).

Wir ersehen aus dieser Uebersicht, dass die Producte der Gärung und Fäulniss nicht nur hinsichtlich ihrer chemischen Constitution einander analog, sondern der Mehrzahl nach sogar vollkommen identisch sind. Es betrifft diese Identität nämlich die Reihe der Säuren und die gasigen Endproducte, während den Alkoholen in der Gährungsreihe die homologen Ammine der Fäulnissreihe ent-

[1]) Sitzungsberichte der k. k. Akademie der Wissensch. zu Wien. 1871. Bd. 64. Heft 3. S. 302. — Auch bei Billroth, Coccobacteria septica. 1874. S. 151.

sprechen. Der einzige wesentliche Unterschied besteht in dem Plus von H_2S und H_3N auf Seiten der Fäulnissreihe, welcher Unterschied sich jedoch ungezwungen aus dem Stickstoff- und Schwefelgehalt der Proteinsubstanzen erklärt. Nur für das Glycerin und Leucin sind die entsprechenden Homologen bis jetzt nicht aufgefunden. Bezüglich der fetten Säuren der Proteinstoffe sei noch hinzugefügt, dass dieselben, wie die neueren Untersuchungen von Schützenberger gezeigt haben, meist gepaart mit dem Radical des Ammoniaks als Amidosäuren vorkommen; diese Modification ist aber für den genetischen Charakter derselben gleichgültig und ändert an ihrem homologen resp. identischen Verhalten mit den Gärungssäuren nichts.

Im Ganzen lehrt also diese interessante Uebersicht, dass alle wesentlichen Unterschiede zwischen Gärung und Fäulniss lediglich auf den Stickstoff- und Schwefelgehalt der Proteinverbindungen und auf den Mangel dieser beiden Stoffe bei den Kohlenhydraten sich zurückführen lassen. Wir gewinnen damit eine genaue Bestätigung des schon früher von uns hervorgehobenen Satzes, dass alle Verschiedenheiten, welche zwischen Fäulniss und Vermoderung resp. Gärung in Erscheinungen und Verlauf bei oberflächlicher Betrachtung bestehen, nicht principieller und wesentlicher Natur sind, sondern nur in der Verschiedenheit der Stoffe ihren Grund haben, welche in beiden Reihen von Processen der Zersetzung unterliegen. —

Die Art und Weise, wie innerhalb der einzelnen Phasen der Fäulniss die einfacheren Verbindungen aus den complexen höheren hervorgehen, hat von jeher die Fachchemiker ganz besonders interessirt, weil die Erforschung dieser Frage zugleich die Aussicht gewährt, noch über ein anderes, in den letzten Decennien lebhaft discutirtes Problem, nämlich über die eigentlichen Ursachen der Fäulniss und über die Wirkungsweise der fäulnisserregenden Fermente Aufschluss zu erhalten. Sind die bisher gewonnenen Kenntnisse über den Chemismus auch noch sehr lückenhaft, so muss es doch gewissermaassen als ein Verdienst gerade der neueren Chemie bezeichnet werden, dass sie, indem sie sich dieser überaus schwierigen Aufgabe zuwandte, die wissenschaftliche Forschung, welche bis dahin fast ausschliesslich mit Speculationen über die Fermente sich beschäftigte, wieder in fruchtbarere Bahnen gelenkt hat. Wie einst Lavoisier in der Lehre von den Gärungen durch die

Einführung der quantitativen chemischen Analyse den ersten festen Grund legte, so hat in neuerer Zeit vor Allen Hoppe-Seyler durch sorgfältiges Studium der Einzelprocesse den Chemismus der Fäulniss aufzuklären und eine genauere Klassificirung der fermentativen Processe zu geben gesucht.

Wenn wir die Art und Weise näher prüfen, wie höhere organische Substanzen bei der Fäulniss umgesetzt werden in einfachere, so können wir bis jetzt drei Kategorieen chemischer Metamorphosen unterscheiden, welche neben und nach einander, aber fast stets gleichzeitig in faulenden Stoffen auftreten, nämlich die Hydration (oder Hydratation), die Reduction und die Oxydation. Von diesen drei Kategorieen ist weder die eine noch die andere für die thierische Fäulniss oder für die Vermoderung oder die Gärungen charakteristisch, sondern sie werden alle drei sowohl bei Fäulniss als auch bei Vermoderung und Gärung beobachtet. Gemeinsam ist allen diesen Processen, dass sie fermentativer Natur sind, d. h. durch Stoffe (Fermente) hervorgerufen werden, welche die Fähigkeit besitzen, in Berührung mit dem zerlegungsfähigen Körper, bei Gegenwart von Wärme und Wasser, Umwandlungen von ganz bestimmtem Charakter hervorzurufen.

Man kann, entsprechend den drei Kategorieen chemischer Zersetzung, ganz im Allgemeinen drei Gruppen von zersetzungserregenden Fermenten unterscheiden, nämlich Hydrationsfermente, Reductionsfermente und Oxydationsfermente. Die Natur und die Wirkungsweise derselben ist, wie bereits angedeutet, in den letzten Decennien Gegenstand vielfacher Untersuchungen und Controversen gewesen; namentlich hat man darüber vielfach und mit Heftigkeit gestritten, ob diese Fermente einfache chemische Verbindungen sind (ungeformte Fermente), wie sie beispielsweise der lebende Thier- und Pflanzenkörper in grosser Zahl und Mannigfaltigkeit producirt, oder ob es organisirte Körper sind (Zellen, geformte Fermente), welche durch ihren Lebensprocess, also als Individuen, diese Umsetzung hervorrufen. Diese beiden Theorieen, welche man als die chemische und die vitalistische Theorie der Fäulniss- und Gärungsfermente zu unterscheiden pflegt, stehen sich noch heute unerledigt gegenüber. Ich kann auf diese schwierige Controverse und die darauf bezüglichen Argumente hier nicht näher eingehen, um so weniger, als dieselbe in einem späteren Capitel Gegenstand ausführlicher Besprechung werden wird;

ich begnüge mich hier nur vorläufig damit, einfach die Thatsache zu constatiren, dass die Processe, welche wir in Nachfolgendem abhandeln werden, keine freiwilligen Zersetzungen sind, sondern fermentative Processe, welche durch die Berührung der fäulnissfähigen Substanz mit Stoffen der einen oder der anderen Kategorie hervorgerufen werden.

Unter Hydration oder Hydratation verstehen wir diejenige Art der Umwandlung, bei welcher die Zerlegung der organischen Substanz erfolgt unter der Mitwirkung oder der Aufnahme eines resp. mehrerer Moleküle Wasser. Solche Umsetzungen hatten wir bereits unter den angeführten Beispielen kennen gelernt. So zerfällt z. B. der Harnstoff, wie wir sahen, unter Aufnahme von je einem Mol. H_2O zu CO_2 und H_3N, nach der Formel:

$$CO \begin{cases} NH_2 \\ NH_2 \end{cases} + H_2O = CO_2 + 2\,NH_3,$$

eine Umwandlung, welche den typischen chemischen Vorgang bei der Fäulniss des Harns („alkalische Harngärung") darstellt. Aehnlich verhält sich die Spaltung der Hippursäure im Harn der Pflanzenfresser unter Wasseraufnahme zu Glycocoll und Benzoësäure:

$$C_9H_9NO_3 + H_2O = C_2H_5NO_2 + C_7H_6O_2;$$

ferner die Spaltung der Taurocholsäure in Taurin und Cholalsäure und ähnliche Zerlegungen von Säureamiden unter Wasseraufnahme in eine Säure und Ammoniak. Ebenso gehört in die Kategorie der Hydrationen die fermentative Umwandlung von Stärke in Dextrin und Traubenzucker

$$C_6H_{10}O_5 + H_2O = C_6H_{12}O_6,$$

ferner von Glycogen in Traubenzucker

$$C_6H_{10}O_5 + H_2O = C_6H_{12}O_6,$$

die Inversion des Rohrzuckers in Trauben- und Fruchtzucker

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = 2\,C_6H_{12}O_6,$$

und endlich die Milchsäuregärung des Milch- und Rohrzuckers

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = 4\,C_3H_6O_3.$$

Auch gehört noch hierher die Zerlegung der sogenannten Glucocide (Amygdalin, Salicin, Coniferin u. a.) durch Emulsin, das Ferment in den Samen der Mandeln, auch Synaptase genannt, wobei Zucker und einige aromatische Verbindungen, z. B. Bittermandelöl und Blausäure, auftreten.[1]) Dieser letzteren Gruppe von

---

[1]) Wahrscheinlich gehört in diese Kategorie der Hydrationen nach Hoppe-

Hydrationen ist ausserdem, wie Hoppe-Seyler[1]) nachweist, noch eigenthümlich, dass sie auch ohne die Mitwirkung von Fermenten durch die Einwirkung verdünnter Mineralsäuren in der Siedehitze zu Stande kommen.

Als Hydrationsprocesse sind endlich noch gewisse andere Spaltungsvorgänge aufzufassen, welche bei der Fäulniss des Thierkörpers eine wichtige Rolle spielen, nämlich die Spaltung der Fette in Fettsäuren und Glycerin (oder einen anderen Alkohol) und wahrscheinlich auch die primären Umsetzungen, welche die Eiweisskörper, Leimstoffe, Chondrin und anderen gewebsbildenden Körper bei der Fäulniss erfahren. Auch diese Processe können künstlich durch Alkalien in der Siedetemperatur bewirkt werden.

Die Zahl der bei der Fäulniss vorkommenden Hydrationen ist also, wie man sieht, eine nicht geringe. Es erklärt sich hieraus zu einem Theile wohl der wichtige Einfluss, welchen das Wasser erfahrungsgemäss auf das Zustandekommen von Fäulnissprocessen hat. Ob nun alle die hier summarisch zusammengefassten Spaltungsvorgänge, welche nachweislich mit einer Aufnahme von Elementen des Wassers verbunden sind, auch chemisch genau in der gleichen Weise verlaufen, oder ob sie unter sich noch gewisse Verschiedenheiten darbieten, wie die Verschiedenartigkeit der dabei auftretenden Spaltungsproducte a priori wahrscheinlich macht, lässt sich vor der Hand nicht mit Sicherheit entscheiden.

Die zweite Kategorie von Umsetzungen bildet die Gruppe der Reductionen. Diese Processe bestehen ganz im Allgemeinen in einer Abspaltung von Atomen (O, H) oder Atomgruppen (CO_2, CH_4, H_2O, H_2S, H_3N) aus der ursprünglichen fäulnissfähigen Verbindung, mit oder ohne gleichzeitige Aufnahme neuer Atome (O). Sie sind für die eigentliche Fäulniss thierischer Stoffe so charakteristisch, dass sie von Manchen im Gegensatz zu anderen fermentativen Umsetzungen als „Fäulnissprocesse im engeren Sinne“ aufgefasst werden. Eine solche Specialisirung des Wortes Fäulniss für

---

Seyler auch die Spaltung organischer Schwefelverbindungen der Cruciferen in Zucker, Senföle und Schwefelsäure durch Myrosin und die Umwandlung der Eiweisskörper durch Pepsin, das Ferment der Labdrüsen des Magens, in schwach saurer Lösung in Peptone, bei welchen Spaltungsprocessen zwar die Mitwirkung, aber nicht die Aufnahme von Wasser mit Sicherheit nachgewiesen ist.

[1]) F. Hoppe-Seyler: Ueber die Processe der Gärungen und ihre Beziehung zum Leben der Organismen. Pflüger's Archiv für die gesammte Physiologie. Bd. XII. p. 1—17.

einzelne Kategorieen von chemischen Vorgängen halte ich jedoch aus den früher dargelegten Gründen nicht für zweckmässig.

Wenn wir uns diese Processe im Einzelnen betrachten, so muss man nothwendig unter ihnen gewisse Gruppen unterscheiden, welche in der Art und Weise der Zerlegung Verschiedenheiten darbieten. Leider ist bei unserer noch unvollkommenen Kenntniss der Reductionen eine scharfe Trennung in Unterabtheilungen meines Erachtens bis jetzt nicht möglich; wohl aber kann man zweckmässig einfache und zusammengesetzte Reductionsprocesse unterscheiden. Bei den ersteren handelt es sich um die Abspaltung einzelner Atome, z. B. von O, aus dem Molekül einer chemischen Verbindung, wodurch dieselbe in eine einfachere, sauerstoffärmere Verbindung übergeführt wird. Hierher gehört vor Allem die Reduction der schwefelsauren Salze zu schwefligsauren und der Nitrate zu Nitriten. Ferner sind einfache Reductionen die Umwandlung der Milchsäure ($C_3H_6O_3$) zu Propionsäure ($C_3H_6O_2$), der Aepfelsäure ($C_4H_6O_5$) zu Bernsteinsäure ($C_4H_6O_4$), der Weinsäure ($C_4H_6O_6$) zu Bernsteinsäure ($C_4H_6O_4$) und einige andere fermentative Processe, bei welchen O-reiche Verbindungen übergeführt werden in O-ärmere.

Allen diesen Reductionen ist gemeinsam, dass sie auch künstlich durch den Wasserstoff im Entstehungszustande erzeugt werden können. Die Reduction der Sulfate zu Sulfiden, der Nitrate zu Nitriten ist auch durch H allein ausführbar; phosphorsaure Salze dagegen werden bekanntlich durch H nicht reducirt und auch durch die Fäulniss nicht weiter zerlegt. Es ist daher in hohem Grade wahrscheinlich, dass bei der Fäulniss überhaupt nur solche Reductionen vorkommen, welche auch künstlich durch Wasserstoff in statu nascenti ausführbar sind, oder mit anderen Worten, dass das Vorkommen von Reductionsprocessen bei der Fäulniss gleichfalls auf die Wirkung von nascirendem Wasserstoff zurückzuführen ist. In der That ist nun für die Mehrzahl der hier in Rede stehenden Umsetzungsprocesse die Entwickelung von freiem Wasserstoffgas chemisch nachgewiesen; es hat demnach die Vorstellung gar keine Schwierigkeit mehr, dass die Wirkungsweise der reducirenden Fermente bei der Fäulniss wesentlich darauf beruht, dass sie das Wasser oder eine andere feste Verbindung zerlegen unter der Entwickelung von Wasserstoff, welcher letztere

dann im Entstehungszustande auf die fäulnissfähige Substanz reducirend wirkt.

Bei den zusammengesetzten Reductionen handelt es sich, nach der ausführlichen Auseinandersetzung von Hoppe-Seyler, um „eine fermentative Umwandlung durch Wanderung von Sauerstoffatomen nach dem einen Ende des Moleküls (Carboxylbildung), bei gleichzeitiger Reduction der anderen Seite desselben.“ Dieser Process verläuft immer mit Bildung von Kohlensäure, unter gleichzeitiger Entwickelung von Wasserstoffgas oder Bildung wasserstoffreicher Körper. Zu diesen Processen gehört vor Allem die Alkoholgärung des Traubenzuckers:

$$C_6H_{12}O_6 = 2(C_2H_6O) + 2(CO_2),$$

ferner die Milchsäuregärung des Milchzuckers unter der Einwirkung von Lactationsferment oder niederen Organismen ($C_6H_{12}O_6 = 2C_3H_6O_3$), und die Buttersäuregärung des Milchzuckers und der Milchsäure bei der Einwirkung von faulendem Käse und Kreide. Dieser letztere Process ist von Hoppe-Seyler genauer untersucht worden und verläuft, z. B. bei der Umwandlung des milchsauren Kalks in buttersauren Kalk, in folgender Weise:

$$\left.\begin{array}{ccc} CO_2 - Ca - CO_2 \\ | \qquad\qquad | \\ CH, OH \quad CH, OH \\ | \qquad\qquad | \\ CH_3 \qquad CH_3 \end{array}\right\} + 2H_2O = \left\{\begin{array}{cc} CO_2 - Ca - CO_2 \\ \diagdown OH \qquad \diagdown OH \\ \hline H \qquad\qquad H \\ \hline CH, OH \qquad CH, OH \\ | \qquad\qquad | \\ CH_3 \qquad CH_3. \end{array}\right.$$

Neben kohlensaurem Kalk, CO_2 und H_2 bildet sich also hier aus den Resten der Milchsäure Buttersäure, indem bei der Addition wieder die eine Seite in Carboxyl verwandelt wird. Endlich gehört zu dieser Gruppe von Reductionen die Bildung von Mannit ($C_6H_{14}O_6$) aus Milchzucker und Traubenzucker, die Bildung von ameisensaurem Kalk aus buttersaurem Kalk und schliesslich die Zerlegung des ameisensauren Kalks in kohlensauren Kalk, Wasser, Kohlensäure und Wasserstoffgas durch Fäulniss. Dieser Process der Fäulniss des ameisensauren Kalks ist theoretisch wichtig und verläuft nach folgender Formel:

$$\underset{\text{ameisens. Kalk}}{(CHO_2)_2Ca} + 2H_2O = \underset{\text{bas. kohlens. Kalk}}{(CO_3H)_2Ca} + 2H_2 = \underset{\text{kohlens. Kalk}}{CO_3Ca} + H_2O + CO_2 + 2H_2.$$

Aus ameisensaurem Kalk bildet sich also zunächst, unter Zerlegung

des Wassers und Aufnahme von zwei Atomen O, basisch kohlensaurer Kalk, welcher im Augenblicke der Entstehung sofort weiter zerfällt zu kohlensaurem Kalk, Kohlensäure und Wasser. Dieser Vorgang der Fäulniss des ameisensauren Salzes lehrt nach Hoppe-Seyler, dass die Uebertragung von Sauerstoff von H an C als das erste Moment der ganzen Umsetzung angesehen werden kann, und dass somit die Zerlegung des Wassers unter Entwickelung von Wasserstoff das Wesentliche an diesem fermentativen Processe ist. „Stellt man hierzu die übrigen Fäulnissvorgänge in Parallele, so muss man schliessen, dass alle Reductionen, die in faulenden Flüssigkeiten geschehen, secundäre Processe sind, hervorgerufen durch den Wasserstoff im Entstehungszustande.“

Wir sehen also, dass für das Zustandekommen fast sämmtlicher bis jetzt bekannter Reductionen der Wasserstoff in statu nascenti eine hervorragende und wohl nahezu die gleiche Rolle spielt, wie der Sauerstoff für die in faulenden Flüssigkeiten vorkommenden Oxydationsprocesse. Der Unterschied in dem Antheil beider Stoffe besteht anscheinend nur darin, dass der Wasserstoff durch die Einwirkung des reducirenden Ferments im gegebenen Falle immer erst entwickelt werden muss und immer nur im Atomzustande die reducirende Wirkung ausübt, während der Sauerstoff der atmosphärischen Luft unter den gewöhnlichen Bedingungen der Fäulniss überall gegeben ist und wahrscheinlich direct oxydirend einwirken kann. Ob für das Zustandekommen der Oxydationsprocesse gleichfalls die Mitwirkung von Fermenten (Oxydationsfermente) nothwendig ist, erscheint für eine gewisse Kategorie von Fällen, z. B. für die Oxydation des Alkohols zu Essigsäure, wahrscheinlich, für andere Fälle dagegen nicht.

Reductionsprocesse treten aber niemals allein in faulenden Stoffen auf, sondern sind fast immer mit Oxydationsprocessen mehr oder weniger vergesellschaftet. Es erklärt sich dies theils aus der grossen Verbreitung des atmosphärischen Sauerstoffs in der Natur, theils aus der Neigung gewisser Fäulnissproducte, sich durch Sauerstoffaufnahme weiter zu oxydiren. Bei gänzlichem Sauerstoffabschluss scheinen, wie mehrfache Versuche ergeben haben (Paschutin), Reductionsprocesse überhaupt gar nicht oder doch nur in sehr beschränktem Masse vorzukommen. Unter den gewöhnlichen Bedingungen der freien Natur, also bei Gegenwart von Luft und

Wasser, laufen Reductionen und Oxydationen fast stets gleichzeitig neben einander her, und indem sich beide Processe in dem gemeinschaftlichen Ziele der Decomposition der organischen Materie wirksam ergänzen, wird hier der Fäulnissprocess gewöhnlich in rascher Weise zu Ende geführt.

Nicht immer aber sind beide Arten der Zersetzung während des ganzen Verlaufs an dem Chemismus der Fäulniss in gleichem Maasse betheiligt. Häufig sieht man je nach der Beschaffenheit der äusseren Bedingungen den Oxydations- oder den Reductionsprocess bei der Decomposition überwiegen. Wenn z. B. zu einer fäulnissfähigen animalischen Substanz die atmosphärische Luft reichlicher Zutritt hat oder häufig über der Substanz erneuert wird, wie beim Aufenthalt in gut gelüfteten Räumen, so findet, wie von verschiedenen Forschern übereinstimmend nachgewiesen ist, immer ein ausgiebiger Verbrauch von atmosphärischem Sauerstoff statt; die Substanz giebt dafür entsprechende Mengen von CO_2 ab, und in der sich zersetzenden Materie werden nach einiger Zeit reichlich Oxydationsproducte gefunden. In einem solchen Falle werden auch viel weniger riechende Stoffe bei der Fäulniss gebildet; an Stelle der sonst reichlich sich entwickelnden übelriechenden Gase (H_2S und H_3N) treten hier überwiegend saure Producte auf, namentlich Salpetersäure, salpetrige Säure, Schwefelsäure, schweflige Säure, Phosphorsäure und vor Allem Kohlensäure. Solche Zersetzungen thierischer Stoffe in gut ventilirten Räumen oder bei regelmässig erneuerter Luft sind daher auch gewöhnlich mit viel weniger Gestank verbunden, als Fäulnissprocesse, bei welchen der Zutritt von Sauerstoff und damit die Oxydationen in dem faulenden Theile beschränkt sind.

Wenn dagegen animalische Stoffe in stagnirender oder wenig erneuerter Luft, z. B. in geschlossenen Räumlichkeiten oder engen Behältern, der Fäulniss unterliegen, so treten überwiegend Reductionsprocesse auf; die faulende Materie entwickelt meist einen lebhaften, penetranten Gestank, und in den gasigen Producten derselben finden sich neben Kohlensäure und Wasserstoffgas vorwiegend Schwefelwasserstoff, Ammoniak, Schwefelammonium, kohlensaures Ammoniak, flüchtige Fettsäuren (Baldriansäure, Buttersäure) und deren Verbindungen mit Ammoniak. Bekannt ist, wie Fleischspeisen, Milch und andere Nahrungsstoffe, welche in engen Speisekammern und in bedeckten oder geschlossenen Behältern aufbewahrt

Zersetzungen erlitten, bei der Eröffnung gewöhnlich lebhaft stinken und ungleich höhere Grade von Zersetzung zeigen, als wenn sie in luftigen Gazespinden oder an offener Luft aufgestellt wurden. Ebenso entwickeln Fäcalien und Abfallstoffe, welche in bedeckten Gruben einige Zeit hindurch aufgesammelt werden, bekanntlich bei der Ausräumung in der Regel einen pestilenzialischen Gestank, welcher beim Liegenbleiben dieser Stofie auf freiem Felde in viel geringerem Maasse wahrgenommen wird. Jedem Arzt ferner ist bekannt, dass Blut und Eiter, welche durch feste Deckverbände oder von Abscesswänden oder zwischen die geschwollenen Weichtheile eines operirten Gliedes mehrere Tage lang zurückgehalten wurden, alsdann gewöhnlich lebhaft stinken und weit intensivere Grade von Zersetzung zeigen, als Blut und Eiter, welche auf offener Wunde oder in unbedeckten Gefässen viele Tage lang der anhaltenden Berührung mit der atmosphärischen Luft ausgesetzt waren. Ich erinnere endlich an den oft überwältigenden Gestank, welchen zurückgebliebene Placentarreste im puerperalen Uterus, welchen fremde poröse Körper in der Vagina (Charpie, Schwämmchen), die sich mit fäulnissfähigen Secreten imbibirt hatten, endlich welchen zersetzte Fäcalmassen im chronisch entzündeten Darmrohr (putride Durchfälle) bei ihrer Herausbeförderung zeigen.

Ohne Zweifel stehen also Reductions- und Oxydationsprocesse bei der Fäulniss innerhalb gewisser Grenzen in einem vicariirenden Verhältniss zu einander, und zwar einem Verhältniss, welches im Wesentlichen bestimmt wird durch die grössere oder geringere Anwesenheit von Sauerstoff. Nach Hoppe-Seyler gilt es „geradezu als Regel, dass Reductionen da nicht oder doch nur in geringem Masse stattfinden, wo viel Sauerstoff zugegen ist und dass an ihrer Stelle intensive Oxydationsprocesse Platz greifen.“ [1])

[1]) Reductionen kommen, ebenso wie Oxydationsprocesse, bekanntlich auch im lebenden Thier- und Pflanzenkörper vor und werden hier gleichfalls, soviel bekannt, grösstentheils durch Fermente bewirkt. Das bekannteste Beispiel dieser Art ist die Zerlegung der Kohlensäure in Kohlenstoff und Sauerstoff durch das Chlorophyll (Blattgrün), unter dem Einflusse des Sonnenlichts. Man hat früher, gestützt auf die Unterschiede im Chemismus der Athmung, Reductions- und Oxydationsprocesse im Pflanzen- und Thierkörper einander gegenübergestellt und darauf einen gewissen Antagonismus zwischen beiden Naturreichen begründet, indem man für den Stoffwechsel der Pflanze die Reductionsprocesse und für den Stoffwechsel der Thiere die Oxydationsprocesse als das Charakteristische hinstellte. Dieser Antagonismus hat sich jedoch durch die neueren Stoffwechseluntersuchungen an Menschen und Thieren nicht als stich-



Für die Erklärung dieses Ineinandergreifens der Oxydations- und Reductionsprocesse bei der Fäulniss genügt aber nicht, wie Hoppe-Seyler nachweist, das Vorhandensein des gewöhnlichen indifferenten Sauerstoffs der Luft, sondern man muss annehmen, dass in diesem Falle activer Sauerstoff gebildet wird und zwar unter dem Einflusse der bei der Reduction sich vollziehenden chemischen Wandlung. Thatsache ist, dass beim reichlichen Zutritt von Sauerstoff die für die Mehrzahl der Reductionen charakteristische Wasserstoffentwicklung vollständig unterbleibt und statt dessen intensive Oxydationsprocesse auftreten. Nach Hoppe-Seyler besteht dieser Einfluss in der Zerreissung der Sauerstoffmoleküle durch den Wasserstoff im Atomzustande, d. h. im Entstehungsmomente, duch welche Zerreissung nun wieder Sauerstoff im Entstehungszustande übergeführt wird und dann kräftig oxydirend auftritt. —

Der Antheil des Sauerstoffs an dem Process der Fäulniss und Gärung ist eine der ältesten und am sichersten nachgewiesenen Thatsachen. Sie lässt sich zum Theil schon aus dem Auftreten

---

haltig erwiesen. Unzweifelhaft besteht ein Gegensatz zwischen Thier und Pflanze in dem Chemismus der Athmung, insofern die Pflanze durch die Spaltöffnungen ihrer Blätter die Kohlensäure aufnimmt, welche Thier und Mensch ausathmen, und umgekehrt Mensch und Thier denjenigen Sauerstoff wieder verzehren, welchen die Pflanze aus ihren Blättern aushaucht; ebenso unzweifelhaft hat auch diese Sauerstoffaufnahme in den Lungen auf den Chemismus im Thierkörper rückwirkenden Einfluss. Aber das Thier ist damit noch kein einfacher „Oxydationsapparat". Neben den Vorgängen, welche als Oxydationsprocesse gedeutet werden müssen, verlaufen in den Geweben und Säften des Thierkörpers zahlreiche andere Processe, welche durchaus nicht Oxydationen sind, sondern nur als Reductionsprocesse sich auffassen lassen. Schon das Missverhältniss in der Ausscheidung der Stoffe der regressiven Metamorphose (Harnstoff u. a.) unter Verhältnissen, unter welchen die Oxydationsvorgänge im Körper beschränkt sind, ihre oft excessive Vermehrung bei behinderter Sauerstoffzufuhr zu den Lungen, z. B. bei Dyspnoe und Suffocation, im Fieber, bei der Einwirkung bestimmter Gifte (Phosphor, CO) u. s. w. beweist, dass diese Stoffe, welche als regelmässige Producte des Stoffwechsels in den Secreten des Organismus auftreten, keine Oxydationsproducte sind, sondern dass sie nur als Reductionsproducte der Proteinsubstanzen aufgefasst werden können, da ihre Menge zunimmt unter Bedingungen, welche den Zerfall von Eiweiss in den Geweben begünstigen. Es kann heutzutage als nahezu feststehend betrachtet werden, dass Oxydations- und Reductionsprocesse im thierischen Organismus gleichzeitig neben einander verlaufen und wahrscheinlich zu einander innerhalb gewisser Grenzen in einem ganz ähnlichen vicariirenden Verhältniss stehen, wie bei der Fäulniss. — Ob die bei der Fäulniss vorkommenden Reductionen überhaupt mit denjenigen des lebenden Thier- und Pflanzenkörpers identisch sind, lässt sich bis jetzt nicht mit Sicherheit behaupten. Dass sie in mancher Beziehung Aehnlichkeit mit einander besitzen, ist unverkennbar und schon von Forschern der neuesten Zeit mehrfach hervorgehoben worden.

sauerstoffreicher Producte, sowie aus der Beobachtung schliessen, dass Fäulnissprocesse in der Natur immer am schnellsten und intensivsten verlaufen bei freiem Zutritt der sauerstoffhaltigen Luft. Es kommt dazu noch die Fähigkeit faulender und modernder Stoffe, den Sauerstoff aus der atmosphärischen Luft sehr begierig an sich zu ziehen. Diese Eigenschaft wurde meines Wissens zuerst von Saussure für die humusreiche Dammerde nachgewiesen und später von Berzelius, Liebig, Gay-Lussac, Schönbein u. A. bestätigt, wenn auch in verschiedenem Sinne gedeutet.[1])

Paschutin[2]), welcher in neuerer Zeit den Einfluss verschiedener Gase (N, H, CO_2, O) auf faulige Zersetzung im Laboratorium von Hoppe-Seyler genauer untersuchte, kam dabei zu dem wichtigen Resultat, dass von allen gasigen Bestandtheilen der Luft in der That nur der Sauerstoff fähig ist, Fäulnissprocesse einzuleiten und zu unterhalten. Muskelstückchen und Muskelaufgüsse, welche unter den üblichen Cautelen mit reinem Sauer-

---

[1]) Nach den Untersuchungen von E. Pflüger beruht auch die bekannte „Phosphorescenz verwesender Organismen", welche bei der Fäulniss mancher Thiere, z. B. der Seefische, beobachtet wird, auf einer lebhaften Oxydation der faulenden Theile. Wenn man einen Seefisch mit 3procent. Kochsalzlösung an einem kühlen Ort stehen und faulen lässt, so beginnt er nach Verlauf von wenigen Tagen im Dunkeln mit weissem Licht zu leuchten. Dieses Leuchten ist, wie Pflüger nachweist, an die Gegenwart freien Sauerstoffs gebunden; es hört auf, sobald dieser an einer Stelle verbraucht ist, ohne dass neuer Sauerstoff hinzutreten kann. Als phosphorescirende Substanz erwies sich, wie schon frühere Beobachter fanden, eine schleimige Masse, welche die faulenden Stoffe überzieht und microscopisch aus zahlreichen kleinsten, in eine schleimige Grundsubstanz eingebetteten Fäulnissorganismen (Schizomyceten) besteht. Mittelst dieses Schleimes kann die Phosphorescenz auch auf andere in Fäulniss begriffene Stoffe übertragen werden, z. B. auf Süsswasserfische, bei denen eine spontane Phosphorescenz nie oder doch selten vorkommt. Die Phosphorescenz breitet sich in einem solchen Falle in dem Masse über die faulende Substanz aus, als der Schleim sich auf derselben vermehrt. Auch das umgebende Wasser, in welchem die Fische liegen, wird an seiner Oberfläche gleichfalls leuchtend, wiederum durch die Entwicklung dieses organisirten Schleims. Die Einwirkung der Siedehitze auf die mit diesem Schleim überzogenen Stoffe hob das Leuchten augenblicklich und für immer auf, ebenso eine Reihe anderer Agentien, welche das Leben dieser kleinsten Organismen zerstören. Nach der Ansicht Pflüger's hat man sich diese eigenthümliche Erscheinung so vorzustellen, „dass bei diesen kleinsten oxydationsvermittelnden Fäulnissorganismen die Oxydation so energisch vor sich geht, dass die der Verbrennung unterliegenden Atomgruppen in Glühhitze gerathen." — Auch das eigenthümliche, allerdings selten beobachtete Phänomen des leuchtenden Harns, leuchtenden Schweisses und des leuchtenden Holzes ist wahrscheinlich auf dieselbe Ursache zurückzuführen. (Pflüger's Archiv für Physiologie. Bd. 11. p. 222—263.)

[2]) V. Paschutin: Einige Versuche über Fäulniss und Fäulnissorganismen. Virchow's Archiv Bd. 59, Heft 3 u. 4.

stoffgas in langen Glasröhren luftdicht eingeschmolzen waren, zeigten nach Wochen und Monaten deutlich faulige Veränderungen; bei der Anwendung des gewöhnlichen Gasgemenges der Luft (N, O) zeigte sich, dass sämmtlicher Sauerstoff desselben in hurzer Zeit verbraucht und dafür CO_2 in entsprechender Menge ausgehaucht worden war. Die Zersetzung hatte hier nur einen mässigen Grad erreicht, ging aber bei der Zuleitung neuer Luft in energischer Weise weiter vor sich. Zwar kamen auch in Paschutin's Versuchen bei völligem Sauerstoffmangel oder bei der Gegenwart indifferenter Gasarten (N, H) gewisse primitive Umsetzungen der fäulnissfähigen Substanzen zu Stande, welche ohne Zweifel in die Reihe der fauligen gehören, z. B. Bildung von Tyrosin, Schwefelalkali und einer riechenden Substanz; immer aber erreichten diese Umsetzungen nur einen beschränkten Grad und bedurften, um weiter gehen zu können, der Zuleitung der Luft.

Ebenso hat vor Kurzem L. Popoff[1]) für die Vermoderungsprocesse pflanzlicher Stoffe die Nothwendigkeit des O in exacter Weise bestätigt. Er untersuchte im Besonderen die Zersetzung der Holzfaser (Cellulosefäulniss, Sumpfgasgärung) unter dem Einflusse von Fäulnissfermenten (Kloakenschlamm mit Micrococcen) und fand, dass dieselbe ebenfalls unter reichlichem Verbrauch von O vor sich geht, wobei die Cellulose vollständig in CO_2 und CH_4 im äquivalenten Verhältniss zerlegt wird.

Die Bedeutung der Oxydationsprocesse ist jedoch früher vielfach überschätzt worden, insofern man Gärung und Fäulniss als reine Oxydationen auffasste, welche zu ihrem Zustandekommen nur der Gegenwart von O bedürfen. Diese Ansicht ist z. B. für die Gärungen der Kohlenhydrate von Gay-Lussac[2]) und für die eigentlichen Fäulnissprocesse neuerdings wieder von Fr. Schneider[3]) in Wien geltend gemacht worden. Meines Erachtens kann jedoch diese Annahme heute als völlig beseitigt angesehen werden,

---

[1]) L. Popoff: Ueber Sumpfgasgärung. Pflüger's Archiv für Physiologie, Bd. 10, p. 113—117.

[2]) Gay-Lussac: Extrait d'un mémoire sur la fermentation. Annales de chimie, Bd. 76, p. 245. 1810.

[3]) Fr. Schneider: Ueber die Ursachen und die Natur der Fäulnissprocesse. Vortrag, gehalten in Wien, den 12. März 1866. — Derselbe: Beiträge zur Kenntniss der Fäulnissprocesse. Wien. med. Wochenschr. 1865, p. 817.

seitdem schon Schwann[1]) 1837 zeigte, dass durch Baumwolle filtrirte oder geglühte O-haltige Luft wochenlang zu organischer Substanz hinzutreten könne, ohne faulige Zersetzung anzuregen, und nach ihm noch Helmholtz[2]) 1843 gegen Gay-Lussac mit aller Schärfe den Nachweis führte, dass sowohl geglühte sauerstoffhaltige Luft, als auch reines electrolytisch ausgeschiedenes Sauerstoffgas für sich unfähig ist, Gärung und Fäulniss einzuleiten.

Nur für eine Kategorie von Zersetzungen haben die Chemiker den reinen Oxydationsprocess als das Wesentliche bestehen lassen, nämlich für die sogenannte „Verwesung". Liebig, welcher zuerst den in Rede stehenden Processen an Stelle der unklaren volksthümlichen Ausdrücke eine bestimmte chemische Erklärung zu geben suchte, definirte die Verwesung als eine langsame Verbrennung organischer Substanzen, bei welcher an Stelle von Ammoniak und Schwefelwasserstoff vorwiegend Kohlensäure, Schwefelsäure, Salpetersäure, salpetrige Säure, Wasser u. s. w., also lauter O-reiche Verbindungen, gebildet werden. Liebig[3]) sagt bezüglich dieser Processe wörtlich: „Die Verwesung ist verschieden von der Gärung und Fäulniss, insofern sie ohne Zutritt der Luft nicht stattfindet, deren Sauerstoff hierbei von dem Körper aufgenommen wird; es ist eine langsame Verbrennung, bei welcher unter allen Umständen Wärme und zuweilen auch Licht entwickelt wird. Bei den Zersetzungsprocessen, die man Fäulniss und Gärung nennt, entwickeln sich sehr häufig luftförmige Producte, die entweder geruchlos sind oder einen unangenehmen Geruch verbreiten." Nach seiner Ansicht können also todte thierische oder pflanzliche Stoffe unter gewissen Bedingungen lediglich durch Oxydation bis in ihre anorganischen Endproducte aufgelöst werden, gerade so wie bei der Fäulniss. Dieser Process dauert allerdings immer eine sehr geraume Zeit und erfordert bis zu seiner

---

[1]) Th. Schwann: Vorl. Mittheilung, betreffend Versuche über Weingärung und Fäulniss. Annalen der Physik und Chemie, 1837, Bd. 41, p. 184.

[2]) H. Helmholtz: Ueber das Wesen der Gärung und Fäulniss. Joh. Müller's Archiv, 1843, p. 453.

[3]) J. v. Liebig: Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. Braunschweig 1846, p. 383. Eine nähere Begründung dieser Definition durch thatsächliche und beweiskräftige Argumente ist an der genannten Stelle leider nicht gegeben. Mir scheint eben diese Unterscheidung wesentlich theoretischer Natur zu sein, den wirklichen Verhältnissen aber wenig zu entsprechen.

vollständigen Durchführung zum mindesten Jahre, besteht jedoch vom Anfang bis zum Ende ausschliesslich in einer Verbrennung dieser Stoffe. Ausser den langsamen Oxydationen des todten Thier- und Pflanzenkörpers (der sog. „Verwesung" der Leichen) rechnete Liebig dahin die Oxydation des Alkohols zu Essigsäure, das Ranzigwerden der Fette und Oele u. s. w. Diese Auffassung Liebig's von dem Wesen der „Verwesungen" hat sich bis in die neueste Zeit unter den Chemikern und Aerzten erhalten.

Mir sind jedoch bei einer Prüfung der hierher gehörigen Erscheinungen und namentlich bei einer Vergleichung solcher vermeintlichen „Verwesungen" mit Fäulnissprocessen mancherlei Bedenken aufgestossen, die ich bei der theoretischen Wichtigkeit des Gegenstandes glaube nicht zurückhalten zu dürfen. Zunächst ist es auffallend, dass die übliche Nomenclatur und die Liebig'sche Definition der Verwesung sich durchaus nicht überall decken. Wie früher bereits erwähnt wurde, bedeutet der im Volke gebräuchliche Begriff „Verwesung" ursprünglich nichts Anderes, als was man sonst auch mit dem Namen der „Fäulniss" bezeichnet; und noch heute kann man jeden Tag hören, dass beide Ausdrücke selbst von gebildeten Laien ganz promiscue gebraucht werden. Höchstens giebt man dabei der Bezeichnung „Verwesung" noch die Nüancirung, dass man damit sehr langsam verlaufende Fäulnissprocesse begreift, welche mit verhältnissmässig wenig Gestank verbunden sind und demnach wahrscheinlich vorwiegend Oxydationen darstellen. So spricht man z. B. von einer Verwesung der Thier- und Menschenleichen an freier Luft, von einer Verwesung des Käsestoffs u. s. w.; aber Niemandem wird es einfallen, bei der Essiggärung von einer Verwesung des Alkohols zu sprechen, wie Liebig that, oder das Ranzigwerden der Fette als eine Verwesung derselben zu bezeichnen. Gerade für diejenigen Zersetzungsprocesse, nämlich die Oxydationen der Kohlenhydrate und Fette, auf welche die Liebig'sche Definition Anwendung finden könnte, erscheint also die übliche Terminologie nicht passend; und umgekehrt ist wiederum für diejenigen Zersetzungen, für welche die Bezeichnung „Verwesung" im Leben Anwendung findet, die Liebig'sche Definition ihrerseits nicht zutreffend.

Es wurde schon erwähnt, dass faulende und modernde Stoffe bei Gegenwart von Luft Sauerstoff reichlich absorbiren und für oxydative Zwecke verwenden; aber diese Erscheinung berechtigt

noch nicht, derartige Zersetzungen, bei denen unzweifelhaft Oxydationsprocesse eine wesentliche und hervorstechende Rolle spielen, als einfache Verbrennungen aufzufassen. Schwann[1]) hatte Wochen lang geglühte sauerstoffhaltige Luft und Schröder und v. Dusch[2]) über einen Monat lang filtrirte atmosphärische Luft auf fäulnissfähige organische Substanzen (Fleischaufgüsse, Fleischbrühe) einwirken lassen, aber trotz der andauernden Sauerstoffeinwirkung die Substanzen nach Beendigung des Versuchs „völlig unverändert“ gefunden. Paschutin[3]) hatte Monate lang Muskelstückchen und Muskelaufgüsse mit reinem Sauerstoffgas in zugeschmolzenen Glasröhren aufbewahrt und bei der Eröffnung nichts von eigentlicher Verwesung, sondern stets nur die gewöhnlichen Kennzeichen der stinkenden Fäulniss (H_3N, H_2S, CO_2) constatiren können. Getrocknete thierische Stoffe, z. B. Fleisch, werden bekanntlich oft viele Jahre lang bei freiem Zutritt der atmosphärischen Luft aufbewahrt, ohne dass dieselben Zeichen von Verwesung darbieten oder in Geniessbarkeit wesentlich beeinträchtigt werden. Bei der Vorstellung einer Lappländerfamilie in der „Berliner medicinischen Gesellschaft“ am 17. Februar 1875 wurde unter Anderem Rennthierfleisch vorgezeigt, welches, einfach getrocknet, bereits fünf Jahre alt und noch völlig geniessbar war; dasselbe glich auf der Schnittfläche recht festem alten Schinken, roch auch ein wenig ranzig, zeigte jedoch nichts von sogenannter Verwesung der Muskelsubstanz. Aehnliches lässt sich allenthalben in der Natur beobachten, z. B. an den zahlreichen mumificirten Thiercadavern, an getrockneten Häuten, an anatomischen Trockenpräparaten, an den ausgestopften Thierbälgen der zoologischen Sammlungen u. s. w. Freilich kann man gegen die angeführten Beispiele einwenden, dass gerade die Trockenheit dem Zustandekommen von Verwesungsprocessen trotz der Anwesenheit des Sauerstoffs hinderlich sei; allein durch die Beobachtung der natürlichen Fäulnissvorgänge und namentlich durch directe Versuche lässt sich leicht constatiren, dass, wenn man diese Stoffe unter sonst gleichen Bedingungen mit Wasser anfeuchtet, wie es

---

[1]) a. a. O. p. 185.

[2]) Schröder und v. Dusch: Ueber Filtration der Luft, in Beziehung auf Fäulniss und Gärung. Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. 89, 1854, p. 236.

[3]) v. Paschutin: Einige Versuche über Fäulniss und Fäulnissorganismen. Virchow's Archiv, Bd. 59, Heft 3 u. 4.

beispielsweise die schwankenden Witterungsverhältnisse mit den Thiercadavern und anderen fäulnissfähigen Stoffen in der freien Natur thun, ausnahmslos nichts Anderes erfolgt, als wahre und stinkende Fäulniss. Mir ist in der That keine einzige sicher constatirte Beobachtung bekannt, dass eine fäulnissfähige, an Eiweiss und Proteinsubstanzen reiche thierische Substanz durch blosse Oxydation vollständig bis in ihre Endproducte zerlegt worden wäre.

Aus diesen Gründen halte ich es für zweckmässig, den ohnehin sehr unbestimmten Begriff „Verwesung“ in der Terminologie der Fäulnissprocesse lieber ganz fallen zu lassen und die echten Oxydationen der Kohlenhydrate (Alkohol, Zucker, Fette) wie bisher als „Gärung“, dagegen die mit reichlicher Oxydation verlaufenden und daher wenig stinkenden, aber echten Fäulnissprocesse auch wirklich als „Fäulniss“ zu bezeichnen.

Im Grossen und Ganzen lässt sich also die Zahl der bei Fäulniss in Betracht kommenden Zersetzungsprocesse, für welche verschiedenartige Bezeichnungen im Gebrauch sind, in folgende Gruppen bringen:

Als „Fäulniss“ im weitesten Sinne oder als die Lehre von der Fäulniss (Pythologie) muss die Gesammtheit der physikalischen und chemischen Veränderungen bezeichnet werden, welche in todten oder dem Haushalt der organischen Natur entzogenen Stoffen von dem Moment des Todes an Platz greifen und mit der Rückkehr der Elemente zur Luft, Erde und dem Wasser in einfachster anorganischer Form endigen. Als Fäulniss im engeren Sinne ist die Zersetzung todter thierischer Substanzen zu verstehen („thierische Fäulniss“), während man als vegetabilische Fäulniss oder „Vermoderung“ diejenigen Zersetzungen zu bezeichnen pflegt, welche im abgestorbenen Pflanzenkörper oder in Theilen desselben (Säften, Geweben) ablaufen. Zwischen beiden grossen Gruppen von Processen bestehen keinerlei principielle oder wesentliche Verschiedenheiten; sondern alle Unterschiede in Erscheinungen und Verlauf sind durch die Natur der Stoffe bedingt, welche in beiden Reihen der Zersetzung unterliegen. Für die Fäulniss der thierischen Substanzen ist die Zersetzung der N- und S-reichen Proteinverbindungen, für die Vermoderung vegetabilischer Stoffe die Zerlegung der C- und H-reichen Kohlenwasserstoffverbindungen (Cellulose) das eigentlich Charakteristische. Unter diesen letzteren Processen scheiden sich die einfacheren Umsetzungen

der Kohlenhydrate aus theoretischen und praktischen Gründen als besondere Gruppe der „Gärungen“ ab; dieselben sind dadurch charakterisirt, dass sie nur an einzelnen Kohlenwasserstoffverbindungen des Pflanzenreichs, z. B. Stärke, Zucker, verlaufen und nur einzelne Phasen der fauligen Umsetzung darstellen, ausserdem eine ausgedehnte ökonomische Verwendung finden. Aehnliche, einfache Umsetzungen von einzelnen Verbindungen des Thierkörpers, z. B. Harnstoff, werden von Manchen als „alkalische Gärung“ jenen vegetabilischen oder „sauren Gärungen“ gegenübergestellt. Als „Verwesung“ ist nach v. Liebig die langsame Oxydation (Verbrennung) todter thierischer oder pflanzlicher Stoffe zu verstehen, ein Process, dessen selbstständiges Vorkommen in der Natur, ohne gleichzeitige Fäulniss, indess noch zweifelhaft ist.

Zweites Capitel.

Die Producte der Fäulniss.

Einförmigkeit der Fäulnissproducte; verschiedener Charakter derselben in den verschiedenen Stadien. Anfangs-, Zwischen- und Endprodukte. — A. Die Producte der thierischen Fäulniss, 1. Peptone und ähnliche Körper von unbekannter Zusammensetzung. Panum's „extractförmiges putrides Gift«. Giftige Fermente und ihre Extraction mit Glycerin. 2. Stickstoffbasen: Leucin und Tyrosin; das schwefelsaure Sepsin; das septische »Alkaloid«; Panum's narcotischer Körper. 3. Die Ammine. 4. Die Säuren: stickstoffhaltige und stickstofffreie. 5. Die Endproducte. H_2S und H_3N als Hauptvertreter derselben. Die Diagnose der Fäulniss. Geruch. Chemischer Nachweis des H_2S und H_3N. Verschiedene Fäulnissgerüche. Stinkende und nicht stinkende Zersetzungen. Giftigkeit der letzteren (Leichengift, Eitergift). Relative Ungefährlichkeit der Endproducte. — B. Die Producte der Vermoderung. Bedeutung derselben für die Ernährung der Pflanze. Der Humus (Moder) als Kriterium der Fruchtbarkeit des Bodens. Nährwerth der anorganischen Salze (Endproducte). Die Agriculturchemie (v. Liebig) und die künstliche Düngung. — Bestandtheile des Humus. Die Säuren und Basen. Oxydationsproducte. Endproducte; das Sumpfgas als Hauptrepräsentant derselben. Brennbare Gase und Oele. Die Braun- und Steinkohlenbildung; der Torf. — Die Gärungsproducte. Der Alkohol und seine industrielle Verwerthung. Fuselöle und Aether (Weinblume). Die Essigsäure; Fabrikation des Essigs. Die Milchsäure und andere Säuren. Die Kohlensäure und ihre Bedeutung in der Natur. — Gerüche. Der Modergeruch.

Wie das Leben in der Natur durch eine ausserordentliche Mannigfaltigkeit der durch Ernährung, Wachsthum und Vermehrung neugeschaffenen Stoffe ausgezeichnet ist, so zeigt sich umgekehrt eine auffallende Monotonie derjenigen neugebildeten Verbindungen, welche aus dem Fäulnissprocess hervorgehen. In der lebenden Natur bewundern wir die Fülle von geformten und ungeformten Verbindungen, welche die Gewebe und Säfte des Thier- und Pflanzenkörpers zusammensetzen und mit aufsteigender Entwickelung der Species an Zahl stetig wachsen; in der Fäulniss hingegen sehen wir nicht blos bei der Zersetzung der verschiedenartigsten Substanzen fast immer dieselben Producte auftreten, sondern es nimmt auch die Zahl der endlichen Verbindungen mit fortschrei-

tender Vereinfachung der Substanz continuirlich ab. Der Legion von Stoffen, welche als Producte des Lebens aus der Oekonomie der organischen Natur dem Fäulnissprocesse anheimfallen, steht die winzige Schaar der einfachen binären und ternären Verbindungen gegenüber, welche der Fäulnissprocess der anorganischen Natur zurückgiebt.

Als Producte der Fäulniss sind aber nicht blos diejenigen Stoffe zu betrachten, welche gewissermassen das Resultat der fauligen Zersetzung darstellen, sondern es gehören dahin sämmtliche, dem Chemismus der Fäulniss eigenthümlichen neuen Verbindungen, welche von dem Eintritt der Zersetzung an der Reihe nach aus der abgestorbenen organischen Materie entstehen. Bezüglich dieses Punktes haben wir bereits bei der Betrachtung des Chemismus kennen gelernt, dass die Zerlegung der abgestorbenen Stoffe in einfachste anorganische niemals auf einmal geschieht, sondern dass die Decomposition Phasen durchläuft, in welchen die höheren Verbindungen stufenweise umgewandelt werden in einfachere. Diesem Vorgange entsprechend sehen wir daher auch bei der Fäulniss stets eine Reihe neugebildeter Stoffe auftreten, welche durchaus nicht anorganischer Natur sind, sondern noch eine mehr oder weniger complicirte Zusammensetzung besitzen und durch Fäulniss weiter zerlegt werden. Ich erinnere hierbei an die Zersetzungsgeschichte des Fibrins und an die schrittweise Umwandlung der Kohlenhydrate durch Gärung. Von diesen Producten sind die zuerst gebildeten der faulenden Substanz natürlich immer noch am ähnlichsten; erst mit fortschreitender Zersetzung entfernt sich der Charakter der neugebildeten Stoffe immer mehr von demjenigen der ursprünglichen Substanz und geht dann schliesslich vollständig in den anorganischen Typus über.

Um diese Zersetzungsproducte nach ihrer Zusammensetzung und Entstehung übersichtlich zu ordnen, ist es zweckmässig, dieselben in bestimmte Gruppen zu theilen und, analog den Phasen der Decomposition, als Anfangs-, Zwischen- und Endproducte zu unterscheiden. Von diesen sind die Zwischen- und Endproducte chemisch und physiologisch am besten erforscht, während wir die Anfangsproducte bis jetzt nur theilweise kennen. Es findet dies seine Erklärung in dem Umstande, dass die Stoffe der beiden erstgenannten Kategorieen nicht nur chemisch weit einfacher zusammengesetzt und daher auch leichter nachweisbar sind, sondern

auch mit viel grösserer Beständigkeit in faulenden Flüssigkeiten auftreten, da sie durch die Fäulniss theilweise nicht weiter verändert werden und daher mit der Fortdauer der Zersetzung an Menge stetig zunehmen. Die in den ersten Phasen der Fäulniss gebildeten Umwandlungsproducte hingegen sind bei regelmässigem Gange der Decomposition sehr flüchtiger und unbeständiger Natur; sie sind in der Regel in fortlaufender Metamorphose begriffen, gehen mehr oder weniger schnell in den Charakter der Zwischenproducte über und können daher für die Untersuchung nur schwer fixirt werden. Wenn man Eiweissstoffe, z. B. eine wässerige Auflösung von Hühnereiweiss, unter günstigen Bedingungen an der Luft faulen lässt, kann es vorkommen, dass man schon nach zehn Tagen keine Spur von Eiweiss oder einer eiweissartigen Substanz mehr findet, sondern nur eine Reihe stickstoffhaltiger Säuren und Basen, ferner Fettsäuren, Ammine und anorganische Endproducte. Relativ reichlich dagegen findet man die Anfangsproducte bei gewissen unvollkommenen Zersetzungen thierischer Stoffe, wie sie namentlich bei behindertem Luftzutritt oder beschränktem Wassergehalt zu Stande kommen, und in frühen Perioden der regulären Fäulniss. Das Reifen des Käse, das sogenannte Verderben conservirter Nahrungsmittel und die primären Alterationen in Leichen, in Blut und Eiter gehören hierher.

Diese Zersetzungen haben noch ein anderes, praktisch wichtiges Interesse, insofern sie, wie die Erfahrung gelehrt hat, mit der Bildung von Producten verbunden sind, welche nicht selten durch eine eminente Giftigkeit sich auszeichnen. Die bekannten toxischen Wirkungen, welche nach der Einbringung faulender Substanzen unter die Haut oder in das Blut von Thieren und durch die Resorption faulender Flüssigkeiten von Wunden aus beim Menschen entstehen, beruhen erwiesenermassen zum grossen Theil auf der Bildung solcher specifisch giftigen Stoffe, welche ihrer chemischen Beschaffenheit nach in die Kategorie der Anfangsproducte oder Zwischenproducte gehören. Diese giftigen Eigenschaften waren es eben, welche vorzugsweise Aerzte veranlassten, nach solchen Producten in faulenden Flüssigkeiten zu suchen. Man hat auch bis jetzt bei fast jedem derartigen Versuch eigenthümliche Körper von specifisch giftiger Wirkung gefunden, welche als Fäulnissproducte von Proteinsubstanzen aufgefasst werden müssen und die deletären Wirkungen faulender Substanzen hinreichend erklären.

Wenn auch die chemische Constitution dieser Körper grösstentheils noch unaufgeklärt ist, so beanspruchen dieselben doch ein hohes Interesse dadurch, dass sie die Existenz chemischer Fäulnissgifte von ganz specifischem Charakter in concreter Form erweisen. Dieser Nachweis hat, wie wir später sehen werden, für die Frage nach der Natur des in faulenden Stoffen enthaltenen Giftes einige theoretische Wichtigkeit. Wir werden uns daher in Nachfolgendem gerade mit diesen Stoffen etwas genauer zu beschäftigen haben.

Will man die bisher aufgefundenen Producte der thierischen Fäulniss hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung etwas genauer rubriciren, so kann man fünf Gruppen derselben unterscheiden: 1. Peptone und andere eiweissartige Substanzen, 2. stickstoffhaltige basische Körper, 3. die sog. Ammine, 4. die organischen Säuren und 5. die anorganischen Endproducte.

In die erste Gruppe würden vor der Hand alle diejenigen Stoffe zu stellen sein, welche den Eiweisskörpern und leimgebenden Substanzen chemisch ziemlich nahe stehen und theils direct, theils mit noch unbekannten Zwischengliedern aus denselben hervorzugehen scheinen. Sie sind, wie die Eiweisskörper selbst, bezüglich ihrer atomistischen Zusammensetzung fast noch gänzlich unerforscht und uns nur nach gewissen äusseren Eigenschaften oder nach ihren physiologischen Wirkungen bekannt. Es gehört in diese Gruppe zunächst das bei der Fäulniss des Fibrins bereits erwähnte Pepton, d. h. eine eiweissartige Verbindung, welche sich als ein primäres Derivat der Albuminate auffassen lässt und durch Säuren und Alkohol fällbar ist, durch Siedehitze dagegen nicht. Es scheint in verschiedenen Modifikationen bei der Fäulniss vorzukommen und ein regelmässiges Product bei der Fäulniss der Albuminate zu bilden; wenigstens sind Peptone ausser bei der Fäulniss des Fibrins auch im faulenden Muskel, im Blute und in anderen Geweben gefunden worden. Chemisch unterscheidet es sich in nichts von dem physiologischen, durch die Magenverdauung des Eiweiss gebildeten Pepton; auch sind giftige Eigenschaften an ihm bis jetzt nicht nachgewiesen worden.

Von Hoppe-Seyler und Anderen ist bei der Fäulniss auch eine Umwandlung von Eiweisssubstanzen in Globuline beobachtet worden. Es sind dies eiweissartige Verbindungen, welche im Wasser



unlöslich, dagegen in verdünnter Chlornatriumlösung und verdünnter Salzsäure löslich sind und aus dieser Lösung beim Erhitzen coaguliren. Diese Gruppe von Substanzen bildet bekanntlich ein wichtiges Glied in der Reihe der gewebsbildenden Stoffe des thierischen Körpers und umfasst Substanzen, wie das Vitellin im Eidotter, das Myosin im Muskel und die faserstoffbildenden (fibrinogenen und fibrinoplastischen) Substanzen in Blut und Lymphe. Näheres über die bei der Fäulniss auftretenden Globuline und ihre eventuelle Uebereinstimmung mit den genannten biologischen Stoffen ist nicht bekannt.

Als dritter Repräsentant dieser Gruppe lässt sich ferner ein von Panum aus faulendem Fleisch dargestellter Körper betrachten, welcher in seinem chemischen Verhalten den Peptonen insofern ähnlich ist, als derselbe durch absoluten Alkohol gefällt, durch Kochen dagegen nicht gefällt wird. Panum [1]) hatte im Jahre 1853 gelegentlich seiner bedeutungsvollen Untersuchung über das „putride Gift" eine alte faulende Hundefleischmaceration einer besonderen Extractionsmethode unterworfen; die Fleischflüssigkeit wurde zu diesem Zwecke filtrirt, mehrere Stunden lang gekocht, alsdann eingedampft und mit absolutem Alkohol behandelt. Der alkoholische Niederschlag wurde sodann abfiltrirt und nach Verdunsten des Alkohols mit destillirtem Wasser ausgezogen. In diesem wässerigen Auszuge war die betreffende giftige Substanz gelöst enthalten.

Dieser Körper, von Panum das „extractförmige putride Gift" genannt, hat in der medicinischen Welt ein nicht geringes und berechtigtes Aufsehen erregt, weil derselbe, nach der Angabe Panum's, bei der Injection in Thiere die für die septische oder putride Infection charakteristischen Erscheinungen vollkommen deutlich hervorrief. Schon die geringe Quantität von 12 Mgr. dieser Substanz, in Wasser gelöst und in die Vena jugularis eines kräftigen Hundes injicirt, bewirkte äusserst heftige und charakteristische Vergiftungserscheinungen, ganz ähnlich denjenigen, welche Panum bei der Einspritzung der ursprünglichen faulen Flüssigkeit selbst beobachtet hatte. Panum zieht aus dieser wichtigen Beobachtung den Schluss, dass der von ihm aufgefundene toxische

[1]) P. L. Panum: Das putride Gift, die Bacterien, die putride Infection oder Intoxication und die Septicämie. Virchow's Archiv. Bd. 60. S. 328. (Auch Schmidt's Jahrbücher 1859. Heft 2. S. 213—217.)



Körper an der deletären Wirkung faulender Stoffe zum mindesten sehr wesentlich betheiligt sei, lässt es jedoch unentschieden, ob dieses Gift eine einfache chemische Verbindung oder eine complexe, aus mehreren giftigen Stoffen zusammengesetzte Substanz sei, ähnlich wie das Opium.

Ausser im faulenden Fleich hat Panum denselben Stoff später auch noch in faulendem Blut und Eiter gefunden. Diese wichtigen Angaben sind ferner von allen späteren Forschern, welche die Versuche nachgemacht haben, bestätigt worden; es kann also an der Richtigkeit der Beobachtung kein Zweifel sein. Welche Wichtigkeit diesen und anderen Versuchen Panum's für die Lehre von der septischen oder putriden Infection innewohnt, wird in dem nachfolgenden Capitel gezeigt werden.

Viertens gehört in diese Gruppe eine von mir ebenfalls aus faulem Fleisch extrahirte, aber nicht isolirt dargestellte specifisch giftige Substanz, welche fermentartige Wirkungen äusserte. Ich hatte im Sommer 1875 einen mit Spuren von Eiter und Bindegewebe vermischten faulen Fleischaufguss, welcher bei der Injection in Kaninchen specifisch giftige Wirkungen gezeigt hatte, mit Glycerin versetzt, das ganze Gemenge nach vorgängiger Zerkleinerung des Fleisches in einer Porzellanschale tüchtig verrieben und durch Leinewand ausgepresst. Der so erhaltene trübgelbe, übelriechende Saft wurde sodann durch Thonzellen mittelst der Wasserluftpumpe filtrirt, um alle in der Flüssigkeit suspendirten körperlichen Bestandtheile, insbesondere kleinste pflanzliche Organismen (Schizomyceten), aus derselben zu entfernen. Der Zusatz von Glycerin hatte bei dieser Procedur nur den Zweck, weitere Zersetzungen in der Flüssigkeit hintanzuhalten und dadurch die bisher gebildeten giftigen Stoffe gewissermassen zu fixiren; in diesem Sinne hat sich das Glycerin bekanntlich bereits vielfach bewährt, z. B. bei der Extraction der physiologischen Fermente aus Verdauungsdrüsen (v. Wittich, Kühne u. A.), bei der Conservirung von Pockenlymphe (W. Müller) und bei der Extraction pyrogener Substanzen aus Eiter (Senator).

War also das septische Gift in der Faulflüssigkeit gelöst enthalten, so war zu erwarten, dass dasselbe bei obiger Behandlungsweise in den wässerigen Glycerinauszug mit überging. Diese Voraussetzung hat sich mir vollkommen bestätigt. Ich injicirte von dieser fleischgelben, fast syrupartigen, noch deutlich übel-

riechenden Flüssigkeit 3 Cctm. in zwei Dosen einem Kaninchen in das Unterhautzellgewebe des Rückens. In den ersten fünf Tagen blieb das Thier anscheinend vollkommen gesund; erst am 6. Tage erkrankte es mit schnell zunehmender Heftigkeit und war bereits am 10. Tage unter den Erscheinungen der acuten septischen Blutvergiftnng (Septicämie) — Frost, hohes Fieber, Mattigkeit, Unruhe, verminderte Fresslust, leichte Diarrhoe, Abmagerung, Dyspnoe, Cyanose, Collaps, Zuckungen — zu Grunde gegangen. Die genauere Krankengeschichte und das Sectionsprotokoll habe ich seiner Zeit ausführlich mitgetheilt [1]). Das Bemerkenswerthe an dieser Wirkung war offenbar die der Erkrankung voraufgegangene Periode relativen Wohlbefindens (Incubation), wie wir sie bei anderen typischen Infectionskrankheiten, z. B. Pocken, Scharlach u. s. w. zwischen der Ansteckung und dem Eintritt der Erkrankung zu sehen gewohnt sind. Es musste also das in der Flüssigkeit enthaltene Gift in dem Körper des Thieres erst einige Zeit verweilt haben, bis die durch dasselbe bewirkten functionellen Störungen in die Erscheinung traten; mit anderen Worten, es musste in dem fauligen Extract ein Gift enthalten sein, welches wie ein Ferment wirkte.

Die Richtigkeit dieses Schlusses wurde noch durch weitere Versuche vollkommen bestätigt. Ich impfte nämlich mit dem Blute des gefallenen Thieres, welches wiederum vorher mit wasserhaltigem Glycerin verdünnt und filtrirt worden war, à 0,4 Cctm. ein zweites Kaninchen. Dasselbe befand sich zwei Tage lang anscheinend ganz wohl, erkrankte am 3. und starb am 5. Tage unter ganz denselben Erscheinungen, wie das erstere. — Von dem wieder mit Glycerin behandelten Blute dieses Thieres injicirte ich einem dritten Kaninchen auf dieselbe Weise 0,25 Cctm. Dieses Thier wurde schon nach 50 Stunden im Stalle todt gefunden. So habe ich die Uebertragungen von Thier zu Thier ganz in der von Davaine zuerst angegebenen Weise bis in die 10. Generation hinein fortgesetzt und dabei gleichfalls eine ganz erstaunliche Zunahme der Giftigkeit gefunden, wie sie Davaine und Vulpian für das septicämische Blut als charakteristisch angegeben haben [2]). Während

---

[1]) „Ueber extrahirbares septicämisches Gift." Centralblatt für Chirurgie 1876, No. 14 u. 15.

[2]) Bei diesen fortgesetzten Transmissionen von Thier zu Thier kommt es bisweilen vor, dass das geimpfte Blut eines Kaninchens sich wirkungslos zeigt

bei den ersten Impfungen noch Bruchtheile von Cubikcentimetern in Betracht kamen, so waren bei den späteren Impfungen schon Bruchtheile von Tropfen, in entsprechender Menge Wasser vertheilt, hinreichend, um die ausnahmslos tödtliche Septicämie der Thiere mit grösster Intensität hervorzurufen. Von dem der 10. Generation entnommenen Blut z. B. hatte nicht mehr denn $^1/_{200}$ Tropfen, entsprechend mit Wasser verdünnt, hingereicht, ein kräftiges männliches Kaninchen innerhalb $2^1/_4$ Tagen unter den Erscheinungen acutester Blutvergiftung zu tödten[1]).

Es konnte somit keinem Zweifel mehr unterliegen, dass die von mir durch continuirliche Impfung erzeugte specifische Krankheit identisch war mit der von Davaine sogenannten „Septicämie" (der Thiere), und ferner, dass in der ursprünglichen fauligen Lösung ein fermentartig wirkendes Gift enthalten war, welchem die Fähigkeit, Septicämie zu erzeugen, zugeschrieben werden musste. Es lag daher die Möglichkeit nahe, dass sich dieser giftige Stoff in der erstgenannten Lösung werde auffinden und chemisch isoliren lassen. Allein alle meine auf dieses Ziel gerichteten Versuche blieben erfolglos, namentlich auch der Versuch, jenes „septische Ferment" aus dem Glycerinextract auszufällen, in ähnlicher Weise, wie wir die physiologischen Fermente aus den Glycerinauszügen der betreffenden Gewebe darstellen[2]). Ich konnte nur die Existenz

---

und die Impfung daher erfolglos bleibt, während ein mit demselben Blut geimpftes anderes Thier wieder wirksames (virulentes) Blut giebt. Diese Erfahrung ist von mehreren Forschern gemacht worden; sie wird in gleicher Weise auch bei den Glycerinauszügen beobachtet. Worauf diese Erscheinung beruht, habe ich nicht ermitteln können. Von Anhängern der parasitären Infectionstheorie wird dieselbe so erklärt, dass das Blut in dem einen (wirksamen) Falle Micrococcen entfalte, in dem anderen dagegen nicht. Ich halte es jedoch für ebenso gut möglich, dass hier Verschiedenheiten in der Entnahme und der Behandlung des Blutes oder individuelle Verschiedenheiten der Impflinge in Betracht kommen, wie solche ja für den Menschen gegenüber acuten Infectionskrankheiten thatsächlich erwiesen sind.

[1]) Bis zu welchem erstaunlichen Grade der Virulenz man durch diese Methode der fortgesetzten Inoculation das septicämische Gift allmälig steigern kann, lehren die fast unglaublich klingenden Versuchsergebnisse Davaine's, die jedoch von Vulpian, Stricker, Clementi, Dreyer u. A. vollkommen bestätigt sind. Diese Forscher haben z. B. septicämisches Impfblut noch in der ganz erstaunlichen Verdünnung von $^1/_{1000000}$ Tropfen (1 : 1000000) in völlig typischer Weise wirksam gefunden. Aehnliches ist bekanntlich, und zwar wiederum zuerst von Davaine, auch für das Milzbrandblut angegeben worden.

[2]) Man benutzt hierzu die Eigenschaft der gelösten Fermente (und anderer Stoffe), an der Oberfläche von Gerinnseln und festen Concretionen sich gleichsam zu condensiren und durch dieselben mechanisch mit niedergerissen zu werden. Man erzeugt solche Niederschläge in albuminösen Flüssigkeiten

eines eiweissartigen Körpers in der Flüssigkeit nachweisen, welcher sich in chemischer Beziehung gerade umgekehrt, wie die Peptone verhielt, aber möglicherweise den Globulinen sehr nahe steht. Dieser Körper wurde durch Kochen des Glycerinfiltrats gefällt, durch Säuren und Alkohol jedoch nicht gefällt und, wenn durch Siedehitze coagulirt, durch Alkohol und verdünnte Mineralsäuren wieder aufgelöst. Ob dieser eiweissartige Körper mit dem in der Flüssigkeit enthaltenen Ferment identisch war oder nicht, liess sich in keiner Weise exact entscheiden. Wir können daher aus obigen Versuchen vor der Hand nur die Möglichkeit schliessen, dass bei der Fäulniss thierischer, albuminöser Substanzen giftige, in Wasser lösliche chemische Fermente sich bilden, welche die Fähigkeit besitzen, Krankheiten von specifischem Charakter und mit tödtlichem Verlauf zu erzeugen. Hinzufügen will ich noch, dass ich bei einer späteren Wiederholung dieser Versuche diesen Körper in faulen Fleischaufgüssen nicht habe wiederfinden können.

Eine zweite Gruppe von Fäulnissproducten lässt sich zusammenfassen als stickstoffhaltige Basen. Es sind dies Abkömmlinge der Eiweisskörper und leimgebenden Substanzen von immer noch ziemlich complicirter, zwar nicht durchweg bekannter, aber doch jedenfalls noch ternärer Zusammensetzung. Am besten sind in dieser Hinsicht bekannt das von dem Chemiker Proust aufgefundene Leucin (NH_2, C_5H_{10}, CO_2H oder $C_6H_{13}NO_2$) und das Tyrosin ($C_9H_{11}NO_3$). Beide Stoffe sind gewöhnlich mit einander vergesellschaftet und kommen theils gelöst, theils in krystallinischer Form häufig auf der Oberfläche faulender thierischer Gewebe und Flüssigkeiten vor.

Das Leucin bildet krystallinisch entweder glänzend weisse, zarte Plättchen oder kugelförmige Drusen von sehr charakteristischem Aussehen, welche in Wasser, Salzsäure und Alkalien ziemlich leicht, dagegen in Alkohol und Aether schwer löslich sind. Die Krystalldrusen bestehen bei genauerer microscopischer Betrachtung aus grossen runden Kugeln oder Halbkugeln, welchen mehrere kleinere Kugelsegmente aufsitzen. Manchmal lassen dieselben auf der Oberfläche eine concentrische Schichtung erkennen und erscheinen dann gewöhnlich rauh und matt glänzend; manch-

---

durch Alkohol, in wässerigen Lösungen durch Cholestearin und ähnliche Stoffe. Aus diesen Gerinnungen können die löslichen Fermente durch Wasser oder verdünnte Chlornatriumlösung ausgezogen werden.

mal dagegen haben sie eine vollkommen glatte, glänzende Oberfläche und können dann leicht mit Fettzellen verwechselt werden. Man erkennt das Auftreten von Leucin oft schon macroscopisch an dem feinen, weissen, körnig sandigen Ueberzuge, welcher sich bisweilen auf faulenden Muskelstücken, auf drüsigen Organen, auf Blut und Eiter bildet. Die Berührung mit der atmosphärischen Luft und die Abdunstung von Wasser auf der Oberfläche scheint hier die Ausscheidung der beiden Körper in fester Form zu begünstigen.

Leucin ist auch im lebenden Thierkörper mannigfach angetroffen worden, so namentlich von Frerichs und Städeler, später von Cloetta, Virchow u. A. sehr reichlich in der Pankreasflüssigkeit, in der Milz, der Thymus und der Thyreoidea, ferner in den Speicheldrüsen, in den Nieren und Lymphdrüsen und auch im Darmkanal. Ob dasselbe hier einen normalen, biologischen Bestandtheil der Gewebe bildet oder als postmortales Zersetzungsproduct aufzufassen ist, erscheint vor der Hand zweifelhaft [1]. Stringente Beweise für eine Bildung dieses Körpers durch den Lebensprocess habe ich wenigstens in den bisherigen Mittheilungen nicht erblicken können. Durch Fäulniss wird Leucin weiter zersetzt und zerfällt dabei in Baldriansäure, Ammoniak, Wasserstoff und Wasser; diese Zersetzung geht regelmässig bereits im Darmkanal vor sich. Künstlich kann Leucin dargestellt werden, wie verschiedene andere Fäulnissproducte, durch Kochen von stickstoffhaltigen gewebsbildenden Stoffen, namentlich Harnsubstanzen, mit Aetzalkalien oder verdünnten Mineralsäuren. So erhielt Schützenberger [2], wie früher erwähnt, regelmässig Leucin und Tyrosin neben zahlreichen anderen Fäulnissproducten, wenn er Albumin mit Aetzbaryt mehrere Tage lang bei 100—150° erhitzte.

Um in faulenden Stoffen Leucin chemisch nachzuweisen, sucht man die fraglichen Krystalle durch Auspressen zwischen

---

[1]) Auch auf unreinen Hausflächen, auf verdickten Nägeln an den Zehen, in der Schafwolle, den Ichthyosisschuppen findet sich Leucin, nach Hoppe-Seyler, neben Tyrosin und trägt durch seine fortwährende Zersetzung (baldriansaures Ammoniak) wesentlich zum üblen Geruch unrein gehaltener Hautflächen bei. Ebenso ist Leucin bei Insecten, Spinnen und Krebsen, ferner auch in Pflanzen, z. B. frischgekeimten Wicken, aufgefunden worden. (Hoppe-Seyler, Handbuch der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse. 4. Aufl. S. 150.)

[2]) P. Schützenberger: Recherches sur les matières albuminoides. Compt. rend. LXXX. p. 232.



Fliesspapier möglichst zu reinigen, behandelt dieselben auf einem Uhrglase oder Platinblech mit Salpetersäure und verdampft langsam. Der farblose Rückstand, mit einigen Tropfen Natronlauge erwärmt, giebt, wenn Leucin vorhanden ist, eine braune bis gelbe Färbung und schmilzt bei längerem Erhitzen über der Flamme zu einem ölartigen Tropfen zusammen (Scherer's Probe). Meist genügt schon das einfache Schmelzen der erhaltenen Krystalle in einem trockenen Reagensglase, wobei unter der Abscheidung eines öligen Körpers und Entwickelung eines widerlichen Geruchs (nach Amylammin) das Leucin in weissen wolligen Flocken an der Wand des Glases sublimirt (Hoppe-Seyler).

Das Tyrosin ($C_9H_{11}NO_3$), welches hinsichtlich seines Vorkommens fast immer an das vorerwähnte Leucin gebunden ist, erscheint in Form seideglänzender weisser Nadeln, welche häufig zu ungemein zierlichen, büschelförmigen oder sternförmigen Gruppen angeordnet sind. Die Krystalle lösen sich schwer in kaltem Wasser, gar nicht in Alkohol und Aether, dagegen leicht in caustischen und kohlensauren Alkalien; in heissem Wasser gelöst, scheidet es sich beim Erkalten sehr schnell und vollständig wieder aus. Beim Erhitzen schmilzt es und zersetzt sich unter Entwickelung eines unangenehmen, brenzlichen Geruchs.

Sehr reichlich tritt Tyrosin oft auf altem faulenden Käse auf, welchem Vorkommen es eben seinen Namen verdankt. Man erkennt es hier schon mit blossem Auge an dem weisslichen Ueberzuge, den alter Käse nicht selten zeigt und welcher beim Einschneiden ein knirschendes Geräusch verursacht. Microscopisch ist es durch seine charakteristische Krystallform in der Regel leicht zu diagnosticiren. Chemisch weist man es nach durch Behandeln der Krystalle mit concentrirter Schwefelsäure; es bildet sich hierbei Tyrosinschwefelsäure, welche mit Eisenchlorid eine prachtvoll violette Farbe giebt (Piria's Reaction) [1]). Sehr zweckmässig zur Erkennung des Tyrosin ist auch die von Hoffmann angegebene Probe. Eine kleine Menge der Krystalle wird im Reagens-

[1]) Diese Reaction wird am besten auf einem Uhrglase ausgeführt, indem man eine Probe der fraglichen Krystalle mit concentrirter Schwefelsäure versetzt, erwärmt und beim Erkalten, nach Verdünnen mit Wasser, mit kohlensaurem Kalk oder Baryt neutralisirt. Nachdem dann nöthigenfalls die Flüssigkeit noch auf ein kleineres Volumen abgedampft worden ist, fügt man einige Tropfen neutraler Eisenchloridlösung hinzu. Ist Tyrosin vorhanden, so färbt sich die Flüssigkeit schön violet.



glase mit Wasser vermischt, sodann mit einigen Tropfen einer Auflösung von salpetersaurem Quecksilberoxyd und rother rauchender Salpetersäure versetzt und bis zum Sieden erhitzt. Wenn Tyrosin in dem Gemisch vorhanden ist, so nimmt die Flüssigkeit eine schöne rosenrothe Färbung an.

Bezüglich der Darstellungsweise der beiden Stoffe aus Lösungen und ihrer Trennung in faulenden Flüssigkeiten muss auf die chemischen Lehrbücher verwiesen werden[1].

Giftige Eigenschaften scheinen diesen beiden Fäulnissproducten nicht zuzukommen; wenigstens haben Panum und Billroth, welche mit diesen Stoffen an Hunden experimentirten, selbst bei Anwendung verhältnissmässig grosser Dosen so gut wie gar keine schädliche Wirkung von ihnen gesehen. Auch scheint der Umstand, dass Leucin und Tyrosin im gesunden menschlichen Körper bisweilen gefunden werden, ohne die Beobachtung besonders nachtheiliger Folgen, für ihre relative Unschädlichkeit zu sprechen.

Ein dritter Körper, welcher in die Gruppe der stickstoffhaltigen, krystallisirbaren Basen gerechnet werden kann, ist das von Bergmann und Schmiedeberg[2]) im Jahre 1868 entdeckte Sepsin. Es wurde zuerst mittelst eines complicirten analytischen Verfahrens in Form eines schwefelsauren Salzes zuerst aus faulender Bierhefe, sodann auch aus faulem Blut dargestellt. In faulem Eiter dagegen konnte seine Existenz bis jetzt nicht nachgewiesen werden (H. Fischer)[3]. Die Bildungsweise und die atomistische Zusammensetzung dieses Körpers sind noch vollkommen unbekannt.

Schon früher hatte Bergmann[4] Versuche mitgetheilt, welche er in Gemeinschaft mit Schmiedeberg zum Isoliren des putriden Giftes durch Anwendung verschiedener Fällungsmittel angestellt hatte. Die günstigsten Resultate in dieser Hinsicht wurden durch Fällen verschiedener Faulflüssigkeiten mittelst Sublimat erhalten.

---

[2]) Vergl. insbesondere: Hoppe-Seyler, Handbuch der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse. IV. Aufl, S. 150 u. 155.

[1]) E. Bergmann und O. Schmiedeberg: „Ueber das schwefelsaure Sepsin“ (das Gift faulender Substanzen). Vorläufige Mitth. im Centralbl. für die medicinischen Wissenschaften. 1868. S. 394.

[1]) H. Fischer: Zur Lehre von der Pyämie. Centralbl. für die medic. Wissensch. 1868. S. 661.

[1]) E. Bergmann: Das putride Gift und die putride Intoxication. Dorpat 1866.

Namentlich erhielten sie durch Fällen eines sehr stark wirkenden alkoholischen Auszuges aus gefaulter Bierhefe, Zersetzen des ausgewaschenen Niederschlages mit Schwefelwasserstoff und Entfernung der freien Salzsäure aus dem Filtrat mittelst kohlensauren Silbers eine fast farblose klare Flüssigkeit, welche auf Hunde und Frösche in specifisch giftiger Weise einwirkte. Später gelang es ihnen, aus dieser Flüssigkeit eine Base in Form eines schwefelsauren Salzes darzustellen, welche auf Hunde und Frösche ganz in derselben Weise wirkte, wie die ursprüngliche Flüssigkeit, und von ihren Entdeckern „schwefelsaures Sepsin" genannt wurde.

Das von Bergmann und Schmiedeberg angegebene Darstellungsverfahren beruht im Wesentlichen auf der Ausfällung des klaren Diffusats fauler Bierhefe mittelst Sublimatlösung, Entfernung des Sublimats aus dem Niederschlage, Auflösen desselben in Alkohol und Behandeln dieser Auflösung mit Schwefelsäure, wobei sich schwach gelbliche nadelförmige Krystalle ausscheiden[1]). Diese Krystalle besassen eminent giftige Eigenschaften. Die geringe Dosis von 0,01 Grm. derselben in Wasser aufgelöst rief, zwei Hunden in die Venen injicirt, sofort Erbrechen und nach kurzer Zeit Durchfälle hervor, die bei einem Hunde schon nach kurzer Zeit blutig wurden. Bei der Section fanden sich blutige Ecchymosen im Magen- und Darmkanal. Ebenso konnten Frösche mit

[1]) Bei dem grossen Interesse dieses Gegenstandes und um eventuell zu einer Wiederholung dieser Versuche anzuregen, theile ich die Darstellung des schwefelsauren Sepsin genauer mit. Bergmann und Schmiedeberg geben folgendes Verfahren an: Gefaulte Bierhefe wird durch Pergamentpapier der Diffusion unterworfen, das Diffusat mit Salzsäure angesäuert und so lange Sublimatlösung hinzugefügt, bis eine starke Trübung und nach einiger Zeit ein geringer flockiger Niederschlag entsteht. Dieser letztere wird abfiltrirt und das Filtrat mit kohlensaurem Natron stark alkalisch gemacht, ferner so lange mit Sublimatlösung weiterhin versetzt, als noch ein deutlicher Niederschlag entsteht. Dieser Niederschlag wird nun so behandelt, wie oben angedeutet, d. h. also abfiltrirt, ausgewaschen, in möglichst wenig Wasser vertheilt und durch Schwefelwasserstoff zersetzt. Nachdem man dann das sich bildende Schwefelquecksilber abfiltrirt und die freie Salzsäure an kohlensaures Silber gebunden, eventuell auch das überschüssige Silber aus dem Filtrat durch H_2S entfernt hat, dampft man die nunmehr alkalische Flüssigkeit zur Trockne ein. Der Rückstand wird in Alkohol gelöst (wobei ein Theil ungelöst bleibt) und mit Schwefelsäure versetzt, wodurch sofort ein farbloser oder schwach gelblich gefärbter krystallinischer Niederschlag entsteht. Vollkommen rein kann man diese Krystalle darstellen, wenn man den Niederschlag in ein wenig Wasser löst und mit Alkohol ausfällt. Die erhaltenen nadelförmigen Krystalle sind an der Luft etwas zerfliesslich, schmelzen in der Hitze und verkohlen schliesslich. (Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1868. S. 394.)

Lösungen des schwefelsauren Sepsin in specifischer Weise vergiftet werden.

Dieser Körper hat der genannten Eigenschaften wegen eine Zeit lang die medicinische Welt in eine nicht geringe Bewegung versetzt. Man glaubte nämlich in ihm das schon seit Gaspard und Stich vergeblich gesuchte „putride Gift" endlich gefunden zu haben. Allein die in dieser Richtung gehegten Erwartungen haben sich nicht bestätigt. Allerdings sind die durch Sepsin bei kleineren Thieren bewirkten Vergiftungserscheinungen denjenigen putrider Stoffe in mancher Beziehung ähnlich, z. B. in den Zeichen der Blutdissolution, in der Affection des Centralnervensystems und namentlich in der Mitbetheiligung des Darmkanals. Allein die genauere Vergleichung der beiderseitigen Vergiftungsbilder ergiebt doch einige wesentliche Verschiedenheiten. Das Sepsin wirkt, selbst in starker Verdünnung, viel intensiver und schneller tödtlich, als das „putride Gift"; schon die minimale Dosis von 1 Cgrm. tödtet einen Hund in wenigen Stunden. Die Thiere gehen dabei meist unter choleraähnlichen Erscheinungen zu Grunde; auch sind die Wirkungen auf das Centralnervensystem viel ausgesprochener, als bei der septischen Infection. Am schwersten fällt dabei aber ins Gewicht, dass Sepsin kein constantes Fäulnissproduct thierischer Substanzen ist. Im Blut hat es keineswegs immer nachgewiesen werden können, und im Eiter ist es bis jetzt gar nicht gefunden worden; Bergmann selbst hat später durch dieselbe Darstellungsweise Substanzen erhalten, die gar keine oder nur geringe giftige Wirkungen äusserten. Wenn man also auch mit Sicherheit annehmen kann, dass das Sepsin da, wo es überhaupt vorhanden ist, an der giftigen Wirkung faulender Stoffe wesentlich betheiligt ist, so kann es doch wohl mit dem „putriden Gift" nicht einfach identificirt werden.

Den vierten Körper dieser Reihe bildet ein von Zülzer und Sonnenschein[1]) 1869 dargestelltes, noch unbenanntes septisches Alkaloid, welches in faulenden Fleischaufgüssen gefunden wurde, die zwischen 5 und 8 Wochen alt waren. Dieser Körper zeigt chemisch ganz die Reactionen gewisser pflanzlicher Stickstoffbasen, z. B. des Atropin und Hyoscyamin, und ist auch physiolo-

---

[1]) Zülzer und Sonnenschein: Ueber das Vorkommen eines Alkaloids in putriden Flüssigkeiten. Berliner klin. Wochenschr. 1869. S. 121.



gisch der Wirkung dieser Stoffe nicht unähnlich. Bei der Injection von Lösungen des septischen „Alkaloids" unter die Haut von Thieren beobachteten die genannten Forscher unter Anderem Erweiterung der Pupille, Lähmung der Darmmusculatur und Steigerung der Herzthätigkeit, gerade so wie nach Atropin. Im weiteren Verlauf ihrer Untersuchungen machten sie jedoch, ebenso wie Bergmann, die Erfahrung, dass die giftige Wirkung ihrer Base „eine unsichere und inconstante" sei. Es scheint eben die Bildung aller dieser specifischen Fäulnissproducte nicht immer und unter allen Verhältnissen stattzufinden, sondern durch den fortschreitenden Fäulnissprocess insofern Schwankungen unterworfen zu sein, als durch weitere Zersetzung das ursprünglich gebildete Gift allmälig in nicht giftige Modificationen übergeführt wird (Beispiel des schwarzen und des rothen Phosphors).

Fünftens lässt sich dieser Gruppe vielleicht noch ein eigenthümlicher narcotischer Körper anreihen, welchen Panum bei seinem bereits oben erwähnten Extractionsverfahren in dem alkoholischen Auszug einer eingedampften Fleischmaceration fand. Dieser (also in Alkohol lösliche) Körper wurde durch Verdampfen des Alkohols bis zur Trockenheit in fester Form gewonnen, dann in destillirtem Wasser aufgelöst und einem kräftigen Hunde in die Jugularvene injicirt. Die Wirkung war eine ganz eigenthümlich betäubende, indem der mit der Lösung inficirte Hund 24 Stunden lang ununterbrochen schlief und, nachdem er ausgeschlafen, vollkommen munter wieder erwachte. Der Verdacht, dass es sich hierbei um eine Alkoholwirkung handeln könne, ist durch die obige Darstellungsweise vollkommen ausgeschlossen.

Damit ist die Zahl der uns bekannten primären und secundären Umsetzungsproducte der Fäulniss vor der Hand erschöpft. Ist diese Zahl auch noch sehr klein und die genauere chemische Kenntniss derselben sehr lückenhaft, so lehrt doch schon diese kleine Summe von Erfahrungen, dass die bezeichneten Phasen der Fäulniss nicht blos durch eine relative Mannigfaltigkeit der neugebildeten Stoffe, sondern auch ganz besonders durch die Giftigkeit und die höchst eigenthümlichen Wirkungen derselben ausgezeichnet sind. Es gewinnt diese Erfahrung in praktischer Hinsicht an Bedeutung, wenn wir daran denken, dass die Fäulnissprocesse die Quelle so mancher specifischer Erkrankungen und so vielfacher Gefahren für Gesundheit und Leben des Einzelnen, wie

der Völker und Gemeinden werden können. Es hat allerdings auf den ersten Blick etwas Befremdliches, die relativ grosse Zahl von Krankheiten, welche nach neueren Erfahrungen mit Fäulnissprocessen direct oder indirect in Zusammenhang gebracht werden, insgesammt auf die Wirkung von Fäulnissproducten zurückzuführen. Allein wenn man hiervon diejenigen Krankheiten in Abrechnung bringt, für welche faulende Stoffe nur den Boden bilden, auf welchem der (immer erst hinzugetragene) specifische Krankheitskeim gedeiht, z. B. den Typhus, die Cholera, das gelbe Fieber u. a., so bleibt doch nur eine beschränkte Zahl von Krankheitsprocessen übrig, für deren Entstehung die Annahme specifisch giftiger Fäulnissproducte zulässig erscheint. Ich meine die Septicämie und Pyämie (Puerperalfieber), das Erysipel und die Diphtherie, die Vergiftung mit Leichengift, Wurstgift, Käsegift und Fischgift.

Die moderne Strömung unserer Pathologie nimmt bekanntlich, im Sinne der Lehre vom Contagium animatum, für die genannten infectiösen Krankheiten aus Wahrscheinlichkeitsgründen specifische krankmachende Microorganismen an, welche der Klasse der niederen Pilze, Algen oder Schizomyceten angehören. In der That werden auch pflanzliche Organismen der genannten Art sowohl in den faulenden Stoffen, welche zu Erkrankungen führen, als auch in dem erkrankten Körper, theils im Leben, theils nach dem Tode desselben gefunden. Dieser scheinbaren Bestätigung der parasitären Infectionstheorie stehen jedoch gewichtige Bedenken gegenüber. Die fortschreitenden und vergleichenden Untersuchungen haben gelehrt, dass diese kleinsten Organismen bei den verschiedenartigsten anderen Krankheiten auftreten, dass sie selbst im gesunden Körper nicht vermisst werden und einen regelmässigen Bestandtheil der Luft und des Wassers bilden, welche uns umgeben. Zu der allgemein anerkannten Ubiquität der Schizomyceten in der Natur, zu dem Auftreten von Micrococcen unter den mannigfachsten Bedingungen, im lebenden und todten, im kranken und gesunden Körper, gesellt sich noch der Umstand, dass zwischen den die verschiedenartigen Krankheiten begleitenden Micrococcen morphologische oder biologische Verschiedenheiten nachzuweisen bisher nicht möglich war. Soll man nun annehmen, dass ein und dasselbe Geschöpf, welches nachweislich ohne Schaden den gesunden Körper bewohnt und passirt, zugleich Erreger so verschiedenartiger Krankheitsprocesse sei? Weit mehr als diese kleinsten Organismen,

welche in der Mehrzahl der Fälle thatsächlich unschädlich sind und in allen faulenden Stoffen immer morphologisch gleich gefunden werden, scheinen mir für die Erklärung der mannigfachen Krankheitsprocesse, welche auf die Wirkung faulender Stoffe zurückgeführt werden, eben jene giftigen Producte geeignet, von deren Mannigfaltigkeit und Specifität wir positive Beweise haben. —

Den bisher besprochenen Fäulnissproducten reihen wir als dritte Gruppe diejenige der Ammine an. Es sind dies stickstoffhaltige organische Verbindungen, welche nach dem Typus des Ammoniak $\left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\}N$ gebaut sind und als Ammoniake aufgefasst werden können, in welchen ein oder mehrere H-Atome ersetzt sind durch die Radicale verschiedener Alkohole (CH_3, C_2H_5, C_3H_7 u. s. w.). Hierher gehören das Methylammin (CH_5N), das Aethylammin (C_2H_7N), Propylammin (C_3H_9N), das Caprolammin ($C_8H_{19}N$) und einige andere. Diese Körper sind insgesammt durch einen eigenthümlichen, meist widerlichen Geruch ausgezeichnet und tragen wohl nicht unwesentlich zum specifisch unangenehmen Geruch mancher zersetzter Stoffe bei. Sie treten ziemlich regelmässig bei der Fäulniss der Eiweisskörper auf und werden auch künstlich bei der Zerlegung der Albuminate durch Kochen mit kaustischen Alkalien erhalten (Schützenberger). Propylammin (Trimethylammin), ein Stoff, welcher den Geruch der Heringslake besitzt und auch einen Bestandtheil derselben bildet, hat eine Zeit lang als schweisstreibendes Mittel in der Medicin Verwendung gefunden und ist speciell als Heilmittel für acuten Gelenkrheumatismus empfohlen worden. Eigentlich giftige Wirkungen scheinen diesen Stoffen, so viel bis jetzt bekannt, nicht zuzukommen, wiewohl ihre Anwesenheit in faulenden Stoffen für die deletäre Wirkung derselben auf den lebenden Organismus gewiss nicht als gleichgültig bezeichnet werden kann.

Die vierte Gruppe von Fäulnissproducten bilden die organischen fetten Säuren, insbesondere Ameisensäure (CH_2O_2), Essigsäure ($C_2H_4O_2$), Propionsäure ($C_3H_6O_2$), Buttersäure ($C_4H_8O_2$), Baldriansäure ($C_5H_{10}O_2$), Capronsäure ($C_{12}H_{10}O_6$), Caprylsäure ($C_8H_{16}O_2$) und die eigentlichen Fettsäuren, welche aus der Oxydation der Fette hervorgehen, insbesondere die Palmitinsäure ($C_{16}O_2H_{30}$) und die Margarinsäure ($C_{17}H_{34}O_2$). Die letzteren sind häufig in fester Form in faulenden Flüssigkeiten enthalten und

werden microscopisch an der charakteristischen Krystallform (am häufigsten Nadeln) gewöhnlich leicht erkannt. Die erstgenannten Säuren treten nicht immer als reine fette Säuren auf, sondern sind häufig mit Resten des Ammoniaks zu sogenannten Amidosäuren verbunden (Amidoessigsäure, Amidobuttersäure u. s. w.); auch kommen salzartige Verbindungen derselben mit Ammoniak vor, z. B. buttersaures Ammoniak, baldriansaures Ammoniak und capronsaures Ammoniak, Stoffe, welche sämmtlich flüchtig und sehr übelriechend sind. Man kann die fetten Säuren auffassen als Oxydationsproducte der entsprechenden Alkohole, in welchen je ein Sauerstoffatom getreten ist an die Stelle von 2 H-Atomen; ein Theil derselben ist auch ohne Zweifel auf diese Weise entstanden, so z. B. die Ameisensäure (CH_2O_2) aus Methylalkohol (CH_4O) und die Essigsäure ($C_2H_4O_2$) aus Aethylalkohol (C_2H_6O). Doch haben wir auch andere Arten der Entstehung derselben im vorigen Capitel kennen gelernt.

Die fetten Säuren treten als regelmässige Zersetzungsproducte der Eiweissstoffe und leimgebenden Substanzen auf, wobei bemerkenswerth ist, dass sie, ausgenommen die Amidosäuren, weder Stickstoff noch Schwefel enthalten. Auch bei der künstlichen Zerlegung der Proteinverbindungen durch Kochen mit Alkalien werden sie, hier meistens in der Form von Amidosäuren, gebildet. Die Flüchtigkeit dieser Stoffe bedingt den eigenthümlich sauren oder widerlich ranzigen Geruch, den wir bei der Zersetzung thierischer Stoffe, z. B. Eiter, Hühnereiweiss, nicht selten wahrnehmen. Das Ueberwiegen der einen oder anderen Säure verleiht sogar dem ranzigen Geruch bisweilen einen ganz specifischen Charakter, den man als Bockgeruch, Käsegeruch u. s. w. im Leben bezeichnet. Sehr reichlich treten die flüchtigen Fettsäuren auf bei der Fäulniss des Schweisses und der macerirten Oberhaut; sie verursachen hier den bekannten üblen, ranzigsäuerlichen oder käseartigen Geruch der Haut unreinlicher Leute, zumal an Körperstellen, welche stark secerniren (Achselhöhle, Füsse, Hände). Der specifische Geruch der Haut mancher Menschenracen, z. B. der Neger Afrikas, und namentlich bei verschiedenen Thierspecies, den Schafen, Ziegen und Böcken, Hamstern, Füchsen und vielen anderen, hat gleichfalls in der Entwickelung solcher flüchtigen Fettsäuren aus dem sich zersetzenden Schweiss seine Ursache. Thiere, welche wenig oder gar

nicht schwitzen, wie die Hunde (Jagdhunde), sind auch gewöhnlich frei von üblem Hautgeruch.

An die Gruppe der Fettsäuren schliesst sich noch eine andere Kategorie von Säuren, welche durch grösseren O-Reichthum ausgezeichnet ist und als deren Hauptrepräsentant die Milchsäure betrachtet werden kann. Hierher gehört das Hydrat der Kohlensäure (CH_2O_3), ferner die Glycolsäure ($C_2H_4O_3$), die Milchsäure und Fleischmilchsäure ($C_3H_6O_3$) und die Leucinsäure ($C_6H_{12}O_3$). Endlich sind hier noch anzufügen zwei höher oxydirte Säuren, nämlich die Oxalsäure ($C_2H_2O_4$), welche häufig bei der Fäulniss thierischer Stoffe auftritt, und die Bernsteinsäure ($C_4H_6O_4$), ein Nebenproduct der Alkoholgärung.

Zur fünften Gruppe von Fäulnissproducten oder den terminalen Spaltungsproducten rechnen wir die durch Fäulniss nicht weiter zerlegbaren Salze der Metalle, Alkalien und Erden, ferner das Wasser und die gasigen Endproducte (CO_2, H, H_3N, H_2S). Die Stoffe der ersteren Kategorie sind sehr zahlreich; sie bilden gewissermassen die Asche der faulenden Thiersubstanzen und sind dasjenige anorganische Element, welches wieder Eigenthum der mütterlichen Erde wird. Wir finden unter ihnen Salze der Kohlensäure, Phosphorsäure, Schwefelsäure, schwefligen Säure, Salpetersäure, salpetrigen Säure und des Chlors mit Ammoniak, Kali, Natron, Kalk, Magnesia und anderen Erdalkalien und Metallen. In dem Wasser der Faulflüssigkeit gelöst, dringen sie mit noch unzersetzten Fäulnissproducten in das Erdreich ein und werden so wieder zu wichtigen Nahrungsmitteln für die lebende Pflanze.

Unter den gasigen Producten verdienen namentlich der Schwefelwasserstoff und das Ammoniak besondere Erwähnung. Sie sind, wie früher bereits angedeutet ist, für die thierische Fäulniss in hohem Grade charakteristisch, einmal weil der Stickstoff und der Schwefelgehalt dieser Verbindungen ihre Abstammung von N- und S-haltigen organischen Stoffen, also Eiweisskörpern und anderen Proteinverbindungen, untrüglich anzeigt und ferner, weil H_2S und H_3N in der Natur kaum anders als durch Fäulniss gebildet zu werden scheinen [1]). Man kann mithin beide Stoffe als typische Fäulnissproducte betrachten.

---

[1]) Eine Ausnahme hiervon machen die freien Schwefelwasserstoff enthal-

Noch in einer anderen Beziehung sind Schwefelwasserstoff und Ammoniak für die thierische Fäulniss wichtig. Beide Stoffe besitzen nämlich die Eigenschaft, durch unseren Geruchssinn als übelriechend empfunden zu werden und dienen daher als leicht wahrnehmbares, einfachstes Erkennungsmittel für vorhandene Fäulniss. Ueberhaupt sind H_2S und H_3N die Hauptrepräsentanten des sogenannten Fäulnissgeruchs und fehlen bei keiner im eigentlichen Sinne stinkenden Fäulniss. Ja man kann sogar aus dem Ueberwiegen des einen oder des anderen dieser Producte mit Leichtigkeit durch den Geruch ermitteln, welcher Art der in diesem Falle faulende Körper gewesen ist. Beim Vorwalten des Schwefelwasserstoffgeruchs wissen wir sofort, dass es sich hier vorzugsweise um die Fäulniss von Eiweisskörpern oder eiweissreichen Geweben, z. B. Blut, Muskeln u. s. w. handelt; nehmen wir aber überwiegend Ammoniakgeruch wahr, so können wir daraus schliessen, dass es hauptsächlich S-arme und N-reiche Stoffe, insbesondere die sogenannten Amide (Harnstoff) sind, welche hier der Zersetzung unterliegen. H_2S-Geruch wird daher in fast typischer Reinheit bei der Fäulniss der Eier wahrgenommen, gilt vielfach als Fäulnissgeruch κατ' ἐξοχήν und wird populär nicht selten als der Geruch „nach faulen Eiern“ bezeichnet. H_3N-Geruch dagegen tritt mit fast absoluter Reinheit bei der alkalischen Fäulniss des Harns auf und bildet das allbekannte Parfum der Pissoirs und Pferdeställe.

Bei dieser Prägnanz beider Geruchsqualitäten und ihrer leichten Wahrnehmbarkeit bilden daher H_2S und H_3N ein praktisch ungemein wichtiges Kriterium für die Diagnose der Fäulniss. Wir dürfen mit Sicherheit annehmen, dass, wenn in irgend einem todten oder dem Haushalt entzogenen Theile des thierischen Körpers H_2S- und H_3N-Geruch deutlich wahrgenommen wird, in diesem Theile faulige Zersetzung eingetreten und bis zur Bildung terminaler Spaltungsproducte vorgeschritten ist. Somit ist beim Fehlen anderweitiger physikalischer oder chemischer Kennzeichen für vorhandene Fäulniss der Nachweis des Ammoniaks und Schwefelwasserstoffs durch den Geruch von einiger diagnostischer Wichtigkeit.

Nicht immer aber können H_2S und H_3N durch unsere Sinnes-

---

tenden Schwefelquellen, namentlich in vulkanischen Gegenden, wo H_2S das Product gewisser chemischer Processe im Innern der Erdrinde ist. In den an Vulkanen reichen Gegenden Siciliens und der neapolitanischen Küste soll es sogar frei dem Boden entströmen.



organe direct wahrgenommen werden. Oft ist ihre Menge in dem sich zersetzenden Körper so gering, dass ihre Gegenwart durch die Endigungen unserer Geruchsnerven nicht mehr deutlich empfunden wird. Bei der Wichtigkeit aber, welche es unter Umständen für den Arzt und Hygieniker hat, zu wissen, ob irgend welche todte, stagnirende oder excrementitielle Stoffe sich im Zustande der Zersetzung befinden oder nicht, wollen wir hier in aller Kürze der einfachsten Methoden gedenken, mit Hülfe deren der chemische Nachweis des Schwefelwasserstoffs und Ammoniaks in zweifelhaften Fällen geführt werden kann.

Um den Schwefelwasserstoff in einem faulenden Gewebstheile oder einer thierischen Flüssigkeit chemisch nachzuweisen, bedient man sich am häufigsten der Reaction desselben auf Bleisalze, mit welchen es die bekannte bräunliche bis tief schwarze Fällung von Schwefelblei giebt. Zu diesem Zwecke infundirt man das fragliche Gewebe mit Wasser oder verdünnt, wenn es sich um eine Flüssigkeit, z. B. Eiter, handelt, dieselbe noch mit etwas Wasser und filtrirt nun durch eine doppelte Lage schwedischen Filtrirpapiers in ein Reagensglas hinein. Zu dem Filtrat setzt man dann eine Auflösung von käuflichem Bleizucker (Bleiacetat) im Verhältniss von 5 : 200, welcher Auflösung man, um sie alkalisch zu machen, einige Tropfen Ammoniak zugesetzt hat. Ist H_2S in der Flüssigkeit vorhanden, so entsteht je nach der Menge desselben eine braune bis intensiv schwarze Fällung durch Schwefelblei.

Sehr viel einfacher lässt sich diese Reaction auf H_2S ausführen mittelst des sogenannten Bleipapiers. Es besteht dies aus Streifen guten schwedischen Fliesspapiers, welche mit obiger Bleizuckerlösung getränkt und in reiner Luft getrocknet sind. Diese Papierstreifen legt man auf den betreffenden Gewebstheil auf oder taucht sie in die zu untersuchende Flüssigkeit ein und spült sie mit destillirtem Wasser wieder ab; ist H_2S vorhanden, so nimmt das Papier eine braune bis schwarze Färbung an. Bei festen Geweben, z. B. Muskelfleisch, oder in colloiden Flüssigkeiten (Eiter) ist es zweckmässig, das Papier vorher mit Wasser anzufeuchten.

Eine andere Methode des Nachweises besteht in der Anwendung von Nitroprussidnatrium (Ferrocyannatrium nach Einwirkung von Salpetersäure, $Na_2 Fe Cy_5 NO$). Man löst die käuflichen, schön rubinrothen Krystalle in destillirtem Wasser (1 : 100) auf und setzt von dieser gelben Lösung einige Tropfen zu der filtrirten

oder einfach verdünnten faulenden Flüssigkeit. Die geringsten Mengen von Schwefel, sowohl in der Form von H_2S, als auch an Metalle gebunden, geben nach Zusatz der Lösung eine purpurrothe Färbung. Selbstverständlich sind Blut und blutig gefärbte Gewebe oder Flüssigkeiten für diese Reaction nicht geeignet. Die Nitroprussidnatriumlösungen müssen sehr sorgfältig aufbewahrt werden, da sie sich an der Luft mit der Zeit verändern. Auch die durch H_2S erzeugte purpurrothe Färbung verschwindet an der Luft bald wieder.

Für den chemischen Nachweis des Ammoniaks ist eine ganze Anzahl von Methoden empfohlen worden, von denen jedoch einzelne an Sicherheit und Empfindlichkeit manches zu wünschen übrig lassen. Hierher gehört vor Allem die Annäherung eines in Salzsäure getauchten Glasstabes an die zu prüfende Substanz, wobei sich, wenn H_3N zugegen, weisse Nebel von Salmiak über der Substanz bilden. Diese allerdings sehr einfache Reaction ist jedoch deshalb unzuverlässig, weil sie voraussetzt, dass das Ammoniak in flüchtiger Form vorhanden ist, und ferner weil sie nur bei Gegenwart einigermassen erheblicher Mengen von Ammoniak deutlich wahrgenommen wird.

Aehnlich verhält es sich mit der Anwendung des rothen Lakmuspapiers, welches durch H_3N bekanntlich gebläut wird. Leider giebt es in einer faulenden Materie zu viele Substanzen, welche alkalisch sind und rothes Lakmus blau färben. Diese Reaction ist nützlich als Hülfsmittel für die Diagnose des Ammoniak in faulenden Flüssigkeiten; als Beweismittel kann sie allein noch nicht gelten.

Weit sicherer ist die Anwendung gewisser Reagentien, welche die Gegenwart von Ammoniak durch charakteristische Färbung oder Fällung anzeigen. Um solche Reagentien anzuwenden, ist es nothwendig, das faulende Gewebe oder die Flüssigkeit in der oben angegebenen Weise vorher zu filtriren; die Reactionen werden dann mit dem möglichst klaren Filtrat in Probirgläschen ausgeführt. Am beliebtesten und in der That äusserst empfindlich in dieser Hinsicht ist das sogenannte Nessler'sche Reagens. Dasselbe besteht aus einer Auflösung von Jodkalium 5 : 100, welcher unter Kochen so viel rothes Quecksilberjodid zugesetzt ist, als eben noch in der Siedehitze sich löst; der so erhaltenen klaren, schwach gelblichen Flüssigkeit wird nach dem Erkalten noch ein Drittheil

concentrirter Kalilauge zugefügt, da das Nessler'sche Reagens nur in alkalischer Lösung wirksam ist. Sind nur Spuren von Ammoniak in dem Filtrat vorhanden, so giebt dasselbe mit einigen Tropfen obiger Lösung versetzt, eine orangerothe Färbung der Flüssigkeit oder in erheblicheren Mengen einen deutlich braunrothen Niederschlag, dessen Menge und Intensität von der Menge des Ammoniaks in dem Filtrat abhängig ist.

Eine zweite Methode bildet die Anwendung der Phosphormolybdänsäure. Dieselbe wird aus phosphormolybdänsaurem Ammoniak, gelöst in heisser Sodalösung, durch Verdampfen und Glühen in trockener Form dargestellt und unter Zusatz von Salpetersäure bis zur stark sauren Reaction in Wasser aufgelöst. Die geringsten Spuren von Ammoniak geben mit dieser Flüssigkeit einen gelben Niederschlag von Ammoniummolybdänphosphat. Hierbei zu beachten ist jedoch, dass diese Reaction nur in stark saurer Lösung zu Stande kommt.

Ein drittes, aber nur unter Umständen brauchbares Reagens ist die zuerst von Wildenstein im Jahre 1863 empfohlene gelbe Haematoxylintinctur. Da dieselbe nicht käuflich zu haben ist, so muss man sie sich selbst bereiten[1]. Diese Tinctur giebt, wenn Ammoniak in der Flüssigkeit vorhanden ist, schon mit wenigen Tropfen eine lebhaft burgunderrothe Färbung, welche an der Luft nach einigen Augenblicken an Intensität noch zunimmt und schliesslich in ein undurchsichtiges, dunkles Braun übergeht. Wildenstein will mit dieser Tinctur noch einen Gehalt von $^1/_{1000000}$ Ammoniak deutlich haben erkennen können. Der Farbstoff geht jedoch auch mit anderen Stoffen, den Alkalien, alkalischen Erden, Eisen-, Zinn- und Kupfersalzen ähnliche violette, rothe, blaue und blauschwarze Modificationen ein; dieser Umstand macht die Erkennung der für Ammoniak charakteristischen Farbennüance oft sehr

[1] Man nimmt, nach Wildenstein's Vorschrift, ein gutes, frisches Stück Blauholz (Lign. campechian.), spaltet es seiner Länge nach und entnimmt nur von den gelben (nicht den rothen) Stellen der Schnittfläche mit einem Hohlmeissel oder schmalen Hobel kleine Spähne. Diese werden dann in einem gut gereinigten, luftdicht verschliessbaren Glasgefäss dicht zusammengepresst und mit absolutem Alkohol übergossen; nach 24—48 Stunden giesst man die Flüssigkeit ab und erhält nun die in dünnen Schichten gelbe, in dickeren gelbbraune Haematoxylintinctur. Man hat ganz besonders darauf zu achten, dass nur gelbes und nicht rothes Holz zur Tinctur verwendet wird, da die Flüssigkeit sonst zu dunkel ausfällt und keine guten Reactionen giebt. Der ursprüngliche Farbstoff des Campecheholzes ist gelb, etwa wie Mahagoniholz, und wird erst durch die Berührung mit Luft, Wasser und Alkalien roth oder blau.

schwer, ja, wie ich aus Erfahrung versichern kann, in vielen Fällen unmöglich. Diese Schwierigkeit der Unterscheidung tritt schon bei der Untersuchung des gewöhnlichen (an Alkalisalzen reichen) Brunnenwassers hervor. Wer in der Wahrnehmung feiner Farbenunterschiede nicht sehr geübt ist, dürfte überhaupt in der Anwendung der Tinctur ein unübersteigliches Hinderniss finden. Ich gebe in der Mehrzahl der Fälle dem bewährten Nessler'schen Reagens den Vorzug.

Mit der gelben Haematoxylintinctur kann man übrigens auch gut gereinigtes (ammoniakfreies) Fliesspapier tränken, welches sorgfältig getrocknet werden muss, am besten in einem Trockenapparat über Schwefelsäure. Solches „gelbes Haematoxylinpapier", welches etwa die gelbe Farbe des Nanking haben soll, kann vielfach als bequemes Erkennungsmittel für Ammoniak verwendet werden, ist jedoch sehr mühsam herzustellen und nach meinen Erfahrungen in der Regel auch nicht empfindlich genug. Das Papier muss sehr trocken aufbewahrt und, ebenso wie die Tinctur, vor Zutritt von Ammoniak geschützt werden.

Man darf nun keineswegs glauben, dass es in jedem Falle möglich sei, durch die eine oder die andere der angeführten Reactionen auf Schwefelwasserstoff und Ammoniak die Existenz von Fäulniss immer mit Sicherheit nachzuweisen. In vielen Fällen von beginnender Zersetzung wird H_2S und H_3N in so geringer Menge gebildet, dass weder durch Ansehen und Geruch etwas von ihnen wahrgenommen wird, noch auch die angeführten Reagentien über ihre Anwesenheit zuverlässige Resultate geben. Für alle solche Fälle möchte ich auf die Anwendung der von Helmholtz zuerst empfohlenen Lackmustinctur hinweisen.

Helmholtz [1]) beobachtete nämlich, dass das empfindlichste Reagens für vorhandene Fäulniss eine mit Lackmustinctur gefärbte, blaue Glutinlösung sei. Ehe noch durch den Geruch die Fäulniss mit Sicherheit erkannt werden konnte, äusserte sie sich schon durch eine Desoxydation und Entfärbung des blauvioletten Pigments. Die Farbe des letzteren stellt sich schnell wieder her, wenn man die Flüssigkeit in flachen Gefässen der Luft aussetzt oder sie mit Luft schüttelt; in geschlossenen und engen Gefässen

[1]) H. Helmholtz: Das Wesen der Gärung und Fäulniss. Joh. Müller's Achiv der Anat. und Physiol. 1843. S. 457.



verschwindet aber die Farbe bei Fortdauer der Fäulniss sehr bald wieder und bleibt umgekehrt, wenn man die Fäulniss durch Kochen unterbricht, unverändert so lange bestehen, bis die Fäulniss von Neuem wieder eintritt. Es beruht diese Reaction auf der Fähigkeit faulender Stoffe, Sauerstoff aus dem umgebenden Medium an sich zu ziehen. Dieses Reagens ist in der That ausserordentlich empfindlich und in der Regel zuverlässiger, als irgend eine der angeführten Reactionen auf H_2S und H_3N. Auch kann man diesen Nachweis ganz zweckmässig mittelst eines Reagenspapiers ausführen, welches in ähnlicher Weise, wie gewöhnliches Lackmuspapier, aus der oben erwähnten Glutinlösung dargestellt wird. —

Schwefelwasserstoff und Ammoniak sind nun keineswegs die einzigen Stoffe, welche den jeweiligen üblen Geruch einer faulenden Substanz ausmachen. Es giebt noch eine ganze Reihe anderer Fäulnissproducte, welche ebenfalls flüchtiger Natur sind und durch unseren Geruchssinn wahrgenommen werden. Hierher gehören vor Allem die flüchtigen Fettsäuren (Baldriansäure, Buttersäure, Capronsäure u. a.), ferner die oben erwähnten Ammine und gewisse, in ihrer Zusammensetzung noch nicht bekannte specifische Stinkstoffe. Bei den in der Natur vorkommenden Fäulnissprocessen beobachtet man sehr häufig, dass die in Zersetzung begriffene organische Substanz durchaus nicht faul, d. h. nach H_2S riecht, sondern einen ranzigen oder faden oder einen undefinirbaren üblen Geruch besitzt, der unzweifelhaft ein Symptom der vor sich gehenden Zersetzung ist. In der praktischen Chirurgie weiss man seit Langem, dass zersetzter Eiter keineswegs immer faul (nach H_2S) zu riechen braucht, sondern häufig blos ranzig, oder eigenthümlich käseartig riecht oder selbst ganz geruchlos sein kann und dabei schon giftige Wirkungen entfaltet. Auch sieht man Pyämie, Septicämie, Diphtherie, Erysipel und andere accidentelle Erkrankungen der Wunde bekanntlich häufig im Verlaufe des Heilungsprocesses auftreten, ohne dass Fäulnissgeruch die vor sich gegangenen specifischen Zersetzungen des Eiters kennzeichnet.

Ueberhaupt darf man den Werth des Fäulnissgeruches für die Diagnose der Fäulniss und speciell für die Beurtheilung der Giftigkeit faulender Stoffe nicht überschätzen. Es giebt eine ganze Reihe von Zersetzungsprocessen, die unzweifelhaft in die Kategorie der Fäulnissprocesse gehören und dennoch fast ohne jede Entwickelung riechender Substanzen verlaufen. Der Laie verbindet allerdings

gewohnheitsgemäss mit dem Begriff „faul“ auch immer denjenigen des Stinkens. Allein diese Terminologie ist keineswegs correct.

Jeder Arzt kennt die Zersetzungen, welche vom Moment des Todes an in jeder Leiche vor sich gehen und um so langsamer verlaufen, je besser dieselbe conservirt wird; jeder Arzt ferner weiss, dass solche Leichen unter Umständen eminent giftige Wirkungen entfalten können, ohne dass wir durch den Geruch irgend eine Spur von Zersetzung an ihnen wahrnehmen. Dass die Processe, welche hier postmortal eintreten und dem Cadaver seine giftigen Eigenschaften verleihen, bereits der Kategorie der Fäulnissprocesse angehören, unterliegt nach dem früher Erörterten keinem Zweifel.

Ebenso zeigt das Fleisch frisch getödteter Thiere, wenn es einen oder mehrere Tage an der Luft gehangen hat und uns dann zur Nahrung dient, stets eine Reihe pythologischer Veränderungen, welche wir durch den Geruch zwar in keiner Weise wahrnehmen, wohl aber daran erkennen, dass das Fleisch in diesem Zeitraume mürber und leichter verdaulich geworden ist. Von diesem Grade der Veränderung bis zum Auftreten von Gestank ist meist nur ein Schritt; man braucht das Fleisch nur 1—2 Tage länger an der Luft hängen zu lassen, oder es braucht die postmortale Zersetzung bei günstigen äusseren Umständen nur etwas schneller zu verlaufen, so treten die Zeichen der stinkenden Fäulniss sinnlich wahrnehmbar hervor. Beim Wildpret sind bekanntlich solche höheren, riechbaren und schmeckbaren Grade von Zersetzung in der Regel erwünscht; sie verleihen dem Wildbraten eine grössere Weichheit und in der Sprache des Gourmands den beliebten „haut-goût“. Manche feineren Käsesorten ferner, welche in kühlen Felsenkellern einer sehr langsamen Zersetzung unterliegen, wie der Roquefort, der Neufchateller Käse u. a., riechen bekanntlich sehr wenig oder gar nicht und besitzen doch alle durch die Fäulniss bewirkten Eigenschaften, welche dem reifen Käse seinen pikanten Wohlgeschmack verleihen.

In dieselbe Kategorie von Veränderungen gehört endlich auch die nicht stinkende Zersetzung abgestorbener Leibesfrüchte. Säugethierembryonen, welche vor der Geburt aus irgend welchen Ursachen absterben und ohne directen Contact mit der Luft oft noch wochen- und monatelang im Leibe der Mutter getragen werden, werden bei ihrer Ausstossung physikalisch und chemisch zersetzt gefunden, welchen Zustand man in der Geburtshülfe als „todtfaul“

zu bezeichnen pflegt; aber eigentlicher Fäulnissgeruch (H_2S und H_3N) fehlt diesen Veränderungen gewöhnlich [1]). Ebenso befindet sich der Embryo eines Hühnereies, welches 14 Tage hindurch bebrütet ist und dann längere Zeit unbebrütet liegen bleibt, immer bei der Eröffnung der Schale in einem Zustande der Maceration und Zersetzung. Die Gewebe des Hühnchens werden in einer ganz ähnlichen Auflösung gefunden, wie bei der Fäulniss; es fehlt ihnen nur der charakteristische Geruch dieser letzteren.

Alle diese Erfahrungen haben nun dahin geführt, zwischen einer stinkenden und einer nicht stinkenden Zersetzung todter thierischer Stoffe zu unterscheiden (Rindfleisch). Zur ersteren Kategorie würden vor Allem die vorgeschrittenen Stadien der regulär verlaufenden Fäulniss zu rechnen sein, wie wir sie bei der gewöhnlichen Fäulniss thierischer Stoffe an der Luft wahrnehmen. Zur Kategorie der nicht stinkenden Zersetzungen dagegen gehören, ausser den bereits angeführten Beispielen, in der Regel die primären Stadien einer jeden fauligen Zersetzung, bei welchen noch keine riechenden Zwischen- und Endproducte gebildet werden, sowie gewisse bei mangelhafter Vereinigung der Fäulnissbedingungen zu Stande kommende unvollkommene Zersetzungen todter Stoffe, bei welchen die Decomposition auf einer bestimmten, primitiven Stufe stehen bleibt. Ein Beispiel der letzten Gruppe von Veränderungen bildet eben das Reifen des Käsestoffs.

Diese Unterscheidung zwischen stinkenden und nicht stinken-Zersetzungen hat nicht nur einen theoretischen, sondern auch einen praktischen Werth, insofern sie der Thatsache Rechnung trägt, dass todte organische Substanzen, z. B. Leichen, Leichentheile, Blut und Eiter, sehr wohl faul sein können, ohne gerade faul zu stinken. Sie dehnt also den Begriff Fäulniss viel weiter aus, als der ursprünglich volksthümliche Sinn dieses Wortes, und zieht auch diejenigen Veränderungen abgestorbener Stoffe in den Bereich der Fäulniss, welche für unsere Sinne unsichtbar verlaufen. Wie sehr aber gerade diese pythologischen Veränderungen unsere Aufmerk-

[1]) Der berühmte Anatom Meckel konnte sich nicht entschliessen, solche abgestorbenen und nicht selten verkalkten Leibesfrüchte für todt zu halten. Denn, sagte er, wäre es todt, so würde es in Fäulniss übergehen. Es lebt, aber wahrscheinlich nur das niedrigste Leben, das Leben des Eies und Samenkornes, das sich nur durch Nichtverderbniss unter Umständen, welche dieselbe begünstigen, offenbart. (Handbuch der path. Anatomie. Leipzig 1812—1818. II. S. 17.)



samkeit verdienen, geht aus dem Umstande hervor, dass solche primären oder unvollkommenen, sehr häufig geruchlosen Zersetzungen thierischer Substanzen, wie wir früher bereits andeuteten, nicht selten die Quelle der Bildung specifisch giftiger Stoffe sind. Fast alle der früher genannten, bisher aufgefundenen specifischen Fäulnissgifte gehören, ihrer chemischen Beschaffenheit nach, den Anfangsproducten der Fäulniss an und können daher unter Umständen gebildet werden, wenn eigentliche stinkende Fäulniss noch gar nicht eingetreten ist. Ich erinnere ferner wiederum an das Beispiel des Leichengiftes, dessen Bildung nach unseren bisherigen Erfahrungen gleichfalls solchen primären und oft geruchlosen Alterationen des Cadavers seine Entstehung verdankt. Eine Leiche, welche erst deutlich stinkt, ist, wie Erfahrungen am Sectionstisch und bei den anatomischen Präparirübungen beweisen, dem Arzte weit weniger gefährlich, als eine solche, an welcher äusserlich noch gar kein Symptom eingetretener Putrescenz, als Gestank und Colliquation, wahrgenommen wird.

Ueberhaupt haben die Versuche der Experimentatoren über die Wirkung faulender Stoffe auf den lebenden Organismus festgestellt, dass den Endproducten der Fäulniss, welche das Hauptcontingent an übelriechenden Substanzen stellen, im Allgemeinen eine viel weniger giftige Wirkung zukommt, als den primären und secundären Umsetzungsproducten, mit anderen Worten, dass eine faulende Substanz mit fortschreitender Decomposition und mit Zunahme der Menge der Endproducte an Giftigkeit, sowie an specifischer Wirkung abnimmt. Schon Gaspard [1]) fand, dass die in putriden Flüssigkeiten enthaltenen Gase, als Schwefelwasserstoff, Kohlenwasserstoff und Kohlensäure, bei der giftigen Wirkung faulender Stoffe fast ohne Einfluss sind und, ebenso wie das Ammoniak, eine viel geringfügigere Wirkung auf den lebenden Körper ausüben, als die faulenden Stoffe selbst. Magendie [2]) liess Thiere die Ausdünstungen putrider Substanzen, welche also die gasigen Endproducte enthielten (H_2S, H_3N, CO_2, flüchtige Fettsäuren u. s. w.), längere Zeit hindurch einathmen und sah davon bei Tauben, Hühnern und Hasen gar keine schädlichen Wirkungen, bei Hunden nach längerer Dauer zwar lebhafte, aber nur vorübergehende

[1]) Journal de Physiologie. 1822 Bd. II. u. 1824 Bd. IV.
[2]) Journal de Physiologie. 1823 Bd. III. p. 81.

toxische Erscheinungen. Viele Berufsklassen des Menschen, wie z. B. die Gerber, Abdecker und Anatomen, die Latrinenreiniger, Käsehändler und viele Andere, sind den mit flüchtigen Fäulnissproducten aller Art gesättigten Ausdünstungen putrider Stoffe andauernd, ja oft in hohem Maasse ausgesetzt und erfreuen sich dabei, wie die unmittelbare Anschauung lehrt, des besten körperlichen Wohlbefindens.

Auch mit anderen gasigen oder festen Endproducten der Fäulniss hat man ganz ähnliche Erfahrungen gemacht. Panum [1]) injicirte in einer grossen Reihe von Versuchen verschiedenen Thieren Lösungen von Tyrosin und Leucin, von kohlensaurem, buttersaurem und baldriansaurem Ammoniak, von Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium, und verglich die Wirkung dieser Stoffe mit der Wirkung faulender Substanzen selbst. Er fand dabei, dass kein einziger dieser Stoffe hinsichtlich der Intensität und Malignität ihrer Wirkung mit der giftigen Wirkung septischer Substanzen vergleichbar war.

Zu einem ähnlichen Ergebniss kamen O. Weber [2]) und Billroth [3]) bei der Einspritzung von Schwefelammonium, Schwefelwasserstoff, kohlensaurem Ammoniak und Buttersäure in das Blut oder das Unterhautzellgewebe von Thieren. Auch die zahreichen späteren Versuche von Ravitsch mit Schwefelammonium, Schwefelwasserstoff, kohlensaurem Ammoniak und flüssigem Ammoniak, welche in der Wirkungsweise der einzelnen Stoffe zwar mehrfach abwichen von den Ergbnissen O. Weber's und Billroth's, bestätigen doch wiederum die oben genannte Erfahrung von der relativen Ungefährlichkeit dieser Stoffe im Vergleich zu den complicirten Anfangs- und Zwischenproducten der Fäulniss. Wir können es demnach als eine vollkommen sichere, durch die Erfahrung wie durch das Experiment wohlbegründete Thatsache betrachten, dass die einfachen, binären, zum Theil anorganischen Endproducte der Fäulniss hinsichtlich ihrer toxischen Wirkungen auf den lebenden thierischen oder menschlichen

---

[1]) Bibliothek for Läger. April 1856. p. 253—285. Auch in Schmidt's Jahrb. 1859. Heft 2, S. 213—217.

[2]) Deutsche Klinik. 1865. S. 63.

[3]) Th. Billroth: Beobachtungsstudien über Wundfieber und accidentelle Wundkrankheiten. Archiv für klin. Chirurgie. 1864. Bd. 4. und 1865. Bd. 6. S. 372.

Organismus viel weniger deletär sind, als die complicirten und theilweise mit specifischen Wirkungen begabten höheren Umsetzungsproducte oder als die faulenden Substanzen selbst.

Wenn wir schon bei der thierischen Fäulniss beklagen mussten, dass der Chemismus und die Producte derselben uns nur unvollkommen bekannt sind, so gilt dies in weit höherem Maasse von den Producten der vermodernden Vegetabilien. Der Umstand, dass der Mensch mit vermodernden Pflanzen weit weniger in Berührung kommt und im Allgemeinen auch viel weniger von ihnen durch Aussehen, Geruch und Giftigkeit belästigt wird, kann zum Theil wohl als der Grund hierfür angesehen werden. Die einzige Disciplin, welche zu den Vermoderungsprocessen in directer und inniger Beziehung steht, ist die Ackerbaukunde und die von v. Liebig begründete Agriculturchemie.

Die Zersetzungsprocesse, welche in abgestorbenen Pflanzentheilen alljährlich in der Natur vor sich gehen, spielen bekanntlich eine so wichtige Rolle für die Ernährung der lebenden Vegetation und für die Cultur bestimmter nützlicher Gewächse, wie der Cerealien, der Leguminosen, der Gemüsepflanzen u. a. in der Wirthschaft des Menschen, dass die genauere Erforschung derselben früher oder später einmal der Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen werden musste. Die Erfahrung, dass die aus dem menschlichen Haushalt abfallenden thierischen Auswurfstoffe, wenn sie in den Zustand der Zersetzung übergegangen sind, ein werthvolles Düngungs- und Ernährungsmittel für die Pflanzen sind, ist uralt; ebenso weiss man seit Jahrtausenden, dass ein Ackerboden mit der Zeit seine Nährkraft erschöpft, wenn Jahre hindurch dieselben Culturpflanzen auf ihm in ausgiebiger Weise erzogen worden sind. Ein an und für sich steriler Boden kann wieder fruchtbar und ertragreich gemacht werden durch Hinzufügung faulender und modernder Dungstoffe. Hierauf beruht z. B. das System der Nutzbarmachung der Abfallwässer grosser Städte, durch Fortleitung und Vertheilung derselben auf grosse, öde Sandflächen (sogenannte Rieselfelder). Von den natürlichen Bodenarten sind auch im Allgemeinen stets diejenigen die fruchtbarsten, welche am meisten solche in beständiger Zersetzung begriffene organische Materie enthalten. Diese organische Materie bildet eine constante Beimischung jeder fruchtbaren Ackerkrume und ist überwiegend

vegetabilischer Natur, hervorgegangen aus den abgestorbenen, dem Erdboden wieder anheimgefallenen, älteren Pflanzengenerationen. Sie wird gewöhnlich als Humus oder Moder bezeichnet und bedingt durch ihre schwarze, kohlenartige Farbe die als Kriterium der Fruchtbarkeit seit Alters her bekannte dunkele Farbe des Ackers. Eine Vergleichung der humusreichen Gartenerde mit der gewöhnlichen Acker- oder Dammerde zeigt, wie das dunklere, fast schwärzliche Colorit der ersteren zugleich mit ihrer grösseren Fruchtbarkeit zusammenfällt.

J. v. Liebig [1]) gebührt nun das Verdienst, dem Vorurtheil früherer Jahrhunderte gegenüber zuerst nachgewiesen zu haben, dass es nicht die organischen, faulenden und modernden Stoffe an sich sind, welche von der lebenden Pflanze als Nahrungsbestandtheile aufgenommen werden, sondern gerade die anorganischen und mineralischen Stoffe, welche aus der beständigen Zersetzung des Düngers hervorgehen. Keine Pflanze vermag die präformirten organischen Verbindungen des Humus, die Cellulose, die Kohlenhydrate und die Proteinverbindungen, direct in sich aufzunehmen, sondern sie bildet alle diese Stoffe durch Ernährung und Wachsthum immer wieder von Neuem aus den elementaren unorganischen Verbindungen, welche in die Luft, das Wasser und das Erdreich aus der sich zersetzenden Materie übergehen. Im Wasser und dem Erdboden sind es vorzugsweise die mineralischen Endproducte, die Salze der Schwefelsäure, Salpetersäure, Phosphorsäure, Kieselsäure und die Chlor-Alkalien und Erden, welche im Wasser gelöst von der Pflanze aufgenommen und verwerthet werden; den zum Aufbau des Pflanzenkörpers, insbesondere der Cellulose und der Kohlenhydrate, so wichtigen Kohlenstoff dagegen entnimmt sie fast ausschliesslich der Kohlensäure der atmosphärischen Luft und die stickstoffhaltigen Proteinverbindungen ihrer Zellen, das Chlorophyll, Kleber, Legumin, Pflanzeneiweiss u. a., bildet sie aus Ammoniak und Salpetersäure, welche Stoffe bei der Zersetzung organischer Substanzen theils als Gase, theils in Form löslicher Salze frei werden. Kurzum, nicht die organischen, N- und C-haltigen Verbindungen der faulenden und modernden Materie an sich, sondern gerade die anorganischen, terminalen Zersetzungsproducte sind es,

[1]) J. v. Liebig: Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricul- und Physiologie. Braunschweig 1840. (6. Aufl. Braunschweig, 1846.)

welche dem Humus seine Nährkraft und der Ackerkrume ihre Fruchtbarkeit verleihen.

Liebig zeigte weiterhin, wie gewisse Species unserer Culturpflanzen ganz bestimmter mineralischer Nährstoffe bedürfen und daher auch nur da üppig gedeihen, wo diese Stoffe in ausreichender Menge vorhanden sind oder zugeführt werden. So giebt es Pflanzen, welche zu ihrem Gedeihen vorzugsweise der Kieselerde bedürfen, z. B. die Gräser und Cerealien, andere, welche der Phosphorsäure bedürfen, wie die Pflanzen mit vorherrschender Samenentwickelung, ferner Pflanzen, zu deren Vegetation die Anwesenheit von Kalksalzen erforderlich ist, z. B. der Tabak und die Hülsenfrüchte, oder die Gegenwart von Kalisalzen, wie bei den Rüben, oder von Natronsalzen, wie beim Weinstock. Liebig zeigte auf diese Weise, wie durch angemessene Abwechslung von Kiesel-, Kali-, Kalkpflanzen u. s. w. auf einem und demselben Ackerboden die Nähr- und Ertragsfähigkeit desselben erheblich gesteigert werden könne und gab so der in der Garten- und Ackerbaukunde seit Alters her bewährten „Wechselwirthschaft“, welche in einer geregelten, alljährlich abwechselnden Aufeinanderfolge verschiedener Fruchtpflanzen auf demselben Boden besteht, eine wichtige theoretische Grundlage. Er zeigte endlich, wie der durch ausgiebige Cultur fast erschöpften Nährkraft eines Erdreichs durch künstliche Zufuhr bestimmter Nährsalze, z. B. der Kalksalze, der Phosphate und der Kalisalze, wieder aufgeholfen werden könne und schuf so die in neuerer Zeit mit bestem Erfolge und grösstem ökonomischen Gewinne ausgeführte Methode der „künstlichen Düngung.“

Dieser Wichtigkeit der mineralischen Nährstoffe für das Leben der Pflanze entspricht nun der Reichthum der modernden Vegetabilien an anorganischen Zersetzungsproducten. An und für sich schon ist der Gehalt der pflanzlichen Gewebe und Säfte an Aschenbestandtheilen ein ziemlich beträchtlicher, ganz besonders im Vergleich mit thierischen Geweben; er schwankt im Durchschnitt zwischen 5—6 pCt. und kann in gewissen Organen, z. B. Rübenblättern, bis auf 20—21 pCt. steigen. Bei der Vermoderung der Pflanzen wächst natürlich dieser Gehalt an Salzen noch dadurch, dass durch die continuirliche Decomposition die organischen Bestandtheile des Pflanzenkörpers umgewandelt werden in anorganische und mineralische Verbindungen. Daher wird der Humus auch immer reich an erdigen und mineralischen Stoffen gefunden,

welche theils ursprüngliche Aschenbestandtheile der Pflanze, theils Zersetzungsproducte und zwar grösstentheils Endproducte der Vermoderung darstellen. Wir finden hier in erster Linie die Salze des Kalium und Natrium vertreten, welche in der Asche mancher Pflanzen besonders reichlich enthalten sind, ferner die Salze des Kalks, der Magnesia und anderer Alkalien und Erden, meist in Verbindung mit Phosphorsäure, Schwefelsäure, Kieselsäure, Salpetersäure, Kohlensäure oder Chlor; endlich Verbindungen des Eisens und Mangans mit verschiedenen Säuren. Alle diese Stoffe finden sich natürlich niemals allein im Humus, sondern stets in Verbindung mit noch unzersetzten Pflanzenstoffen, insbesondere Cellulose; sie sind aber um so reichlicher, je älter der Humus ist und je vollständiger derselbe die Beschaffenheit der wirklichen Erde annimmt.

Neben diesen mineralischen Zersetzungsproducten enthält aber der Humus noch eine Reihe von charakteristischen Humuskörpern, welche primäre und secundäre Umwandlungsproducte des organischen Pflanzenkörpers (Cellulose) darstellen und durchweg von sehr complicirter Zusammensetzung sind. Einige derselben sind Säuren und kommen mit Alkalien und anderen Basen verbunden vor. Es sind dies die Ulminsäure ($C_{40}H_{14}O_{12}$), ferner die Huminsäure ($C_{40}H_{12}O_{12}$), die Gaeinsäure ($C_{40}H_{12}O_{16}$), endlich die Quellsäure ($C_{24}H_{12}O_{16}$) und die Quellsatzsäure ($C_{48}H_{12}O_{24}$). Sie scheinen unter der andauernden Einwirkung der atmosphärischen Luft durch Oxydation aus den CH-reichen Pflanzen hervorgegangen zu sein und können theilweise auch durch Oxydation in einander übergeführt werden. Sie finden sich in reichlicher Menge in den sogenannten „sauren Böden“, welche vorwiegend aus unzersetzten Pflanzenresten bestehen, wie z. B. dem Torfboden; sie sind grösstentheils in Wasser unlöslich und bedingen dadurch die erfahrungsgemässe Unfruchtbarkeit solcher Erdarten.

Ausser diesen Säuren hat man auch noch zwei basische Körper in humusreicher Erde gefunden, das Ulmin ($C_{40}H_{15}O_{15}$) und Humin ($C_{40}H_{16}O_{14}$), die durch Ausscheidung von Wasser aus der Ulminsäure und Huminsäure hervorgehen sollen.

Für die Schicksale, welche der todte Pflanzenkörper in chemischer Hinsicht erleidet, scheinen wesentlich die Bedingungen entscheidend zu sein, unter denen sich seine Zersetzung vollzieht. Eine der häufigsten dieser Bedingungen ist das Verweilen der ab-

gestorbenen Vegetabilien an der Oberfläche feuchten oder durch Niederschläge periodisch angefeuchteten Erdreichs, wie wir dies regelmässig an der Ackerkrume, im Wiesengrunde und im Waldesboden beobachten. Diese Vermoderung im feuchten Erdreich bei freiem Zutritt der atmosphärischen Luft ist, wie schon Saussure nachwies, immer mit einer energischen Oxydation verbunden. Es treten hier daher vorzugsweise Oxydationsproducte als Endproducte auf, und zwar neben der Kohlensäure vorzugsweise Wasser, Salpetersäure, salpetrige Säure, Schwefelsäure, Phosphorsäure und deren Verbindungen mit Alkalien und Erden, — Stoffe, welche insgesammt wichtige Nahrungsmittel für die lebende Pflanze sind. Dieser Auflösungsprocess geht um so rascher vor sich, je mehr hierbei die vermodernde Substanz der Einwirkung der atmosphärischen Luft ausgesetzt wird, wie dies bei der Auflockerung der Garten- und Ackererde durch Umgraben, Behacken und Pflügen geschieht. Hieraus erklärt sich der günstige Einfluss, welchen die Bearbeitung des Erdbodens auf das Wachsthum der lebenden Pflanze hat.

Ob bei der Zersetzung der Holzfaser unter Luftabschluss, z. B. unter Wasser (Versumpfung), ähnliche Producte sich bilden, ist noch gänzlich unbekannt; wir kennen bis jetzt nur die hier allerdings in ziemlich reichlicher Menge auftretenden gasigen Endproducte, die Kohlensäre und das Sumpfgas (CH_4). Von diesen Producten ist namentlich das letztere ein bei der Vermoderung der Pflanze so regelmässig auftretendes Product, dass seine Anwesenheit für die Fäulniss der Vegetabilien als gerade so charakteristisch betrachtet werden kann, wie die Bildung von H_2S und H_3N für die thierische Fäulniss. Dieses Sumpf- oder Grubengas ist ein farb- und geruchloses Gas, welches mit bläulicher, wenig leuchtender Flamme verbrennt. Es bildet sich überall da, wo abgestorbene Pflanzentheile bei Gegenwart von Wasser in Vermoderung übergehen, wie alljährlich in feuchten Wiesen, in stagnirenden Gräben und Teichen, in Morästen und Sümpfen. Die Ströme von Gas, welche wir im Hochsommer dem schwärzlichen Schlamme von Sümpfen entweichen oder in schaumigen Blasen die schmutziggraue Oberfläche stagnirender Gewässer bedecken sehen (Panke und Königsgraben in Berlin), bestehen fasst ganz aus CO_2, CH_4 und N. Die hauptsächlichste Quelle dieser Gase ist, wie

L. Popoff[1]) durch künstlich eingeleitete Vermoderung nachgewiesen hat, die Cellulose, welche bei ungehinderter Sauerstoffaufnahme aus der Luft CO_2 und CH_4 in fast äquivalenten Verhältnissen bildet.

Ganz ähnliche Sumpfgas bildende Zersetzungen kommen auch im Darmkanal der Thiere und in seltenen Fällen auch des Menschen (Carius, Ewald) vor. Unter den Thieren sind es besonders die Wiederkäuer, deren ganz aus Vegetabilien bestehender Darminhalt bei der sehr trägen Locomotion leicht in Vermoderung übergeht; fast regelmässig kann man in den dem Dickdarm entweichenden Gasen, namentlich bei vorhandener Flatulenz, H und CH_4 nachweisen. In den seltenen beim Menschen beobachteten Fällen handelte es sich immer um zu Grunde liegende pathologische Störungen der Verdauungsthätigkeit (Magendarmkatarrh, Magenerweiterung); doch scheint auch hier vorwiegend vegetabilische Kost (Gemüse, Obst) das Auftreten von CH_4 bildenden Zersetzungen begünstigt zu haben.

Giftige Eigenschaften scheinen dem Grubengas nicht zuzukommen; denn, abgesehen von seinem Auftreten im Darm lebender Thiere, sehen wir auch Grubenarbeiter in Bergwerken lange Zeit hindurch in einer mit CH_4 geschwängerten Atmosphäre verweilen, ohne dass die Einathmung des Gases bemerkenswerthe Vergiftungserscheinungen hervorruft.

Das Sumpfgas ist jedoch nicht in dem Maasse für die Vermoderung charakteristisch, wie der Schwefelwasserstoff und das Ammoniak für die Fäulniss, da es auch unter zahlreichen anderen Verhältnissen in der Natur auftritt. Zunächst wird es in grossem Maassstabe künstlich dargestellt durch die trockene Destillation des Holzes, der Steinkohle und anderer kohlenstoffreicher Körper und bildet demzufolge einen regelmässigen und wichtigen Bestandtheil des Leuchtgases. Aber auch frei kommt es vielfach in der Natur vor, so namentlich oft in grossen Mengen eingeschlossen in Steinkohlenlagern, wahrscheinlich als ein Nebenproduct der langsamen, über Jahrtausende hin sich erstreckenden Umwandlung des Holzes in Braun- und Steinkohle. Beim Anhauen von Steinkohlenflötzen in Bergwerken quillt es oft in grossen Massen aus den

---

[1]) L. Popoff: Ueber Sumpfgasgärung. Pflüger's Archiv f. d. gesammte Physiologie. Bd. X. S. 113—117.

6*

Spalten derselben hervor und bildet, mit atmosphärischer Luft gemischt, ein explosives Gasgemenge, welches durch die Flamme einer Laterne entzündet mit lebhafter Detonation verbrennt. Dieses als „schlagendes Wetter“ bezeichnete, in Kohlenbergwerken leider nicht seltene Ereigniss ist bekanntlich die Quelle so mancher und oft furchtbarer Unglücksfälle. An vielen Orten strömt es mit anderen brennbaren Kohlenwasserstoffverbindungen vermischt frei aus Spalten und Oeffnungen der Erdoberfläche hervor; auf diese Weise entstanden beispielsweise die immerwährenden „heiligen Feuer von Baku“ am Caspischen Meere, welche, wie die Sage geht, schon seit den ältesten Zeiten brennen.

Es ist in hohem Grade wahrscheinlich, dass die mannigfachen anderen der Erde entströmenden oder im Erdinnern eingeschlossenen, grösstentheils flüssigen Kohlenwasserstoffverbindungen, welche gleichfalls brennbar sind und gegenwärtig eine so wichtige Beleuchtungsquelle bilden, ähnlichen im Laufe von Jahrtausenden sich vollziehenden Umwandlungsprocessen vorweltlicher Vegetabilien ihre Entstehung verdanken. Es gehören hierher das Naphtaöl, eine farblose oder wenig gelb gefärbte Flüssigkeit, welche auf der Halbinsel Abschuran am Caspischen Meere, bei Piacenza in Italien und an anderen Orten Quellen bildet, und namentlich das Steinöl (Petroleum), unstreitig der wichtigste dieser Stoffe, welcher in Gestalt ausgedehnter unterirdischer Seeen gegenwärtig eine unerschöpfliche Beleuchtungsquelle für die civilisirten Nationen der ganzen Erde geworden ist[1]).

Wahrscheinlich hängt die Bildung dieser flüchtigen und brennbaren Kohlenwasserstoffe zusammen mit dem Processe der Braun- und Steinkohlenbildung, welchen man ebenfalls auf langsame

---

[1]) Das Petroleum (Erdöl) ist zwar schon seit Alters her bekannt, jedoch erst seit der Entdeckung der mächtigen Petroleumquellen in Nordamerika das gebräuchlichste Brennmaterial und damit ein bedeutendes Handelsobject geworden. Von den zahlreichen Orten, an welchen bis jetzt Petroleum aufgefunden ist, erwähne ich nur das russische Transkaukasien, Persien, Hinterindien und Java, ferner die Karpathen in Galizien, Croatien und Rumänien, endlich Oberitalien, Neufchatel in der Schweiz und einige Gegenden von Frankreich, England und Deutschland. Unübertroffen aber ist bis jetzt noch das Vorkommen des Petroleums in Nordamerika, besonders in Pennsylvanien und Canada, wo seit dem Jahre 1858 die Petroleumausfuhr einen überaus wichtigen und ausgedehnten Industriezweig bildet. Im Jahre 1861 betrug die Gesammtausfuhr aus Pennsylvanien über 50,000 Hectoliter, im Jahre 1864 bereits ungefähr 1,800,000 Hectoliter und in neuester Zeit ist diese Production noch um ein Vielfaches gestiegen.

und reducirende Umbildungen vorweltlicher Vegetabilien zurückführen muss. Man kann diesen Process der Kohlenbildung auffassen als eine allmälige Abspaltung einfacherer Kohlenwasserstoffverbindungen von dem holzigen Theile der Pflanze, welche in Form von flüchtigen und flüssigen, leicht brennbaren Verbindungen auftreten, während der kohlenstoffreiche Rest des Pflanzenkörpers immer ärmer an O und H wird und schliesslich als reiner Kohlenstoff (Anthracit und Graphit) zurückbleibt. Da einem Aequivalent Kohlenstoff vier Aequivalente Wasserstoff und zwei Aequivalente Sauerstoff entsprechen, so werden bei der langsamen Decomposition des Holzes stets mehr H- und O-Atome aus der festen Verbindung gezogen, als C-Atome; die Folge dieses Processes ist, dass die ursprüngliche Verbindung immer wasserstoff- und sauerstoffärmer, aber relativ reicher an Kohlenstoff wird. Wenn wir z. B. der reinen Cellulose ($C_6H_{10}O_5$), welche den Hauptbestandtheil der Pflanze und gewissermassen das Skelett derselben bildet, beständig CH_4, H_2O und CO_2 entziehen, so muss schliesslich ein Rest von Atomen übrig bleiben, welche entweder überwiegend aus Kohlenstoff bestehen oder reinen Kohlenstoff darstellen, kurzum die physikalische Beschaffenheit der Kohle annehmen.

Dieser Process ist es also, welcher durch die Reduction der Pflanzenfaser zu Kohle die Quelle unserer wichtigsten Brennmaterialien geworden ist. Wir finden bekanntlich diese Kohle als die fossilen Ueberreste früherer Vegetationen in mächtigen Lagern in unserem Erdinnern angehäuft. An vielen Punkten der Erde, wie z. B. in England, Nordamerika und einigen Gegenden Deutschlands, bildet sie ganze unterirdische Gebirge, welche nicht selten eine Ausdehnung von 50 geographischen Meilen erreichen, aber in der Regel ihrer Bildungsweise entsprechend eine weit geringere Dicke, von einigen Zollen bis zu mehreren Tausend Fuss, besitzen. Mit der Hebung und Nutzbarmachung dieser fossilen Kohlenlager beginnt nun in der Culturgeschichte des Menschen eine ganz neue Aera, die Zeit der Kohlenindustrie und der Dampfmaschinen, welche dem industriellen und commerciellen Leben unseres 19. Jahrhunderts ihr charakteristisches Gepräge aufdrückt. Tausende von Essen und Fabriken werden durch Kohlenfeuerung in Thätigkeit erhalten; Hunderte von Eisenbahnen und Dampfschiffen, welche Land und Wasser durchkreuzen und die wichtig-

sten Verkehrsmittel der Neuzeit geworden sind, werden durch die Kohle in Bewegung gesetzt.

Diese Kohlenlager finden sich immer in bestimmten Schichten der Erdrinde, der sogenannten Kohlenformation, welche im Allgemeinen eine gleichartige Zusammensetzung zeigt und neben Kohle aus grauem Tonschiefer (Kohlenschiefer) und Sandstein (Kohlensandstein) besteht. Die Steinkohlenlager ruhen hierbei immer auf älteren Gesteinen, z. B. Grauwackenablagerungen, Thonschiefer und Granit, während die Braunkohlenlager jüngeren Perioden angehören und daher gewöhnlich zwischen jüngeren Gesteinen, z. B. stets oberhalb der Kreideformation, liegen. Schon diese Art des Vorkommens spricht dafür, dass Stein- und Braunkohle Phasen der Umwandlung des Holzes darstellen, welche sich nur dem Alter nach von einander unterscheiden. Als erste Phase dieser Umwandlung ist die Reduction des holzigen Theils der Pflanzen zu Torf zu betrachten, ein Process, der noch gegenwärtig auf der Erdoberfläche in sumpfigen Gegenden sich vollzieht; die zweite Phase bildet die Umwandlung der Torflager zu Braunkohle, die dritte Phase die weitere Reduction und Verdichtung derselben zu Steinkohle und die vierte den Uebergang der Steinkohle in Anthracit und Graphit, d. h. in fast reinen Kohlenstoff. An manchen Orten, z. B. in der Gegend von Zeitz, lässt sich die Entstehung von Braunkohlen aus antediluvialen Torflagern deutlich verfolgen; ebenso besitzen manche mächtige Torflager in ihren tieferen Theilen mit erdigen Braunkohlenlagern eine so grosse Aehnlichkeit, dass sie von einander nicht mehr deutlich zu unterscheiden sind.

Von den Geologen sind noch mannigfache andere Beweise für den allmäligen Uebergang des Holzes in Kohle beigebracht worden. Das bekannteste unter diesen Argumenten ist das Vorkommen von deutlichen Pflanzenüberresten in der Kohle, in Gestalt von Abdrücken und Steinkernen. In den Kohlen selbst erkennt man bisweilen noch auf frischen Bruchflächen die Spuren pflanzlicher Textur, insbesondere das Gefüge des Holzes. Auch die mit der Steinkohle gleichzeitig vorkommenden Kohlenschiefer und Kohlensandsteine enthalten nicht selten ganz charakteristische Abdrücke von Pflanzen, deren botanische Stellung nach Klassen und Familien sich noch deutlich bestimmen lässt; besonders häufig findet man Farrenkräuter (Equisetaceen, Lycopodiaceen u. a.) in dieser Weise monumental verewigt. In erdigen Braunkohlen ferner werden häufig

noch ganz wohl erhaltene bituminöse (halbverkohlte) Holztheile eingeschlossen gefunden, z. B. ganze Wurzelstöcke, einzelne Zweige, selbst Früchte und dergleichen, und im Torf bilden diese Vorkommnisse bekanntlich etwas sehr Gewöhnliches.

Uebrigens findet eine Reduction der Pflanzenfaser zu Kohle auch jetzt noch fast bei jeder Vermoderung statt, welche bei Abschluss von Licht und Luft verläuft. Den schmutzigerdigen Schlamm der Sümpfe, den teigigen Grund der Moor- und Marschgegenden finden wir regelmässig von schwarzen kohlenartigen Massen durchsetzt, welche nichts Anderes sind, als die resistenteren holzigen Theile der Pflanzen, die hier der Vermoderung unterlagen. Wenn man den aus zusammengescharrten Blättern und Reisern gebildeten Composthaufen (i. e. Compositum) eines Gärtners einer genaueren Prüfung unterwirft, so trifft man stets in der Tiefe desselben eine braunschwarze, erdigbröcklige Schicht, in welcher kohlenartige Massen einen wesentlichen Bestandtheil ausmachen. Dieselbe Umwandlung der cellulosereichen Pflanzenfaser findet endlich fast in jedem feuchten Erdreich statt und ist die eigentliche Ursache der schwarzen Färbung, welche, wie früher erwähnt, den Gehalt des Bodens an Humus kennzeichnet.

Auch künstlich kann durch langsame, unvollständige Verbrennung die Reduction des Holzes zu Holzkohle bewirkt werden. In waldreichen Gegenden wird dieser Process in grossem Maassstabe betrieben, indem die im Ueberfluss vorhandenen Baumstämme in grossen kegelförmigen Meilern über einander geschichtet, mit Erde bedeckt und dann angezündet werden. In Folge des mangelhaften Luftzutritts wird die vollständige Verzehrung des Holzes durch die Glühhitze verhindert; es bleibt nach Beendigung des Processes reine, unverbrannte Kohle zurück. Als Nebenproduct bildet sich dabei aus dem verdichteten Rauche eine Anzahl flüchtiger, brenzlicher und aromatischer Kohlenwasserstoffverbindungen, die sogenannten Producte der trockenen Destillation des Holzes, welche in dem halbflüssigen „Holztheer“ vereinigt sind und deren Hauptrepräsentanten der Holzessig, das Kreosot, die Carbolsäure, Benzoesäure und ähnliche Stoffe sind. Diese als „trockene Destillation“ bezeichneten künstlichen Zersetzungsprocesse, zu denen unter Anderem auch die Leuchtgasbereitung gehört, finden gegenwärtig vielfach technische Verwendung.

Im Allgemeinen ist also die Bedeutung der Vermoderungs-

processe in der lebenden Natur eine ziemlich umfangreiche. Nicht nur bildet die beständige Zurückführung der Bestandtheile der abgestorbenen Vegetation in einfache mineralische Form einen wesentlichen Factor für die Erhaltung des Gleichgewichts zwischen organischer und anorganischer Natur und zugleich die wichtigste Quelle für die fortlaufende Ernährung des Pflanzenreichs, sondern es spielt auch die Reduction der Pflanzenfaser zu Kohle und kohlenwasserstoffreichen brennbaren Nebenproducten in der geologischen Entwickelungsgeschichte unserer Erde, wie in dem Culturleben der Völker eine beachtenswerthe Rolle. In letzterer Hinsicht verdient aber noch eine Gruppe von Vermoderungsproducten ganz besonders hervorgehoben zu werden, nämlich die der Producte der Gärungen. Wie die Kohlenhydrate an und für sich schon wichtige Nahrungsmittel für die Menschen und die Thiere sind, so finden auch die Umwandlungsproducte derselben theils als Nahrungs-, theils als Genussmittel im Leben des Menschen seit Alters her die ausgedehnteste Verwendung.

Das wichtigste dieser Producte ist ohne Zweifel der Alkohol. Die Erzeugung des Alkohols durch geistige Gärung aus stärke- oder zuckerhaltigen Vegetabilien wird heutzutage bei uns in grossem Maassstabe industriell betrieben. Alle unsere geistigen Getränke werden durch alkoholische Gärung aus Traubenzucker bereitet; der Alkohol bildet überhaupt den wesentlichsten und berauschenden Bestandtheil aller geistigen Genussmittel, wie des Bieres[1]),

[1]) Bei der Wichtigkeit dieser Genussmittel sei hier der Bereitungsweise derselben kurz gedacht. Das Bier wird, kurz zusammengefasst, dargestellt aus einer Abkochung des Gerstenmalzes, welche man nach Zusatz von Hopfen der geistigen Gärung unterwirft (Bierbrauerei). Dieser Process stellt sich im Einzelnen folgendermassen dar. Das geschrotete Gerstenmalz wird zunächst mit heissem Wasser angerührt und einige Zeit stehen gelassen; hierbei wandelt sich durch die bei der Keimung gebildete Diastase das Stärkemehl in lösliches Dextrin und Zucker um. Die so erhaltene Flüssigkeit (Bierwürze) wird mit Hopfen versetzt, dann eingekocht, von den leicht zersetzlichen Eiweissstoffen befreit und geklärt; nach erfolgter Abkühlung, welche auf sogenannten Kühlschiffen bewirkt wird, setzt man Hefe hinzu und überlässt die Würze in grossen Bottichen bei geeigneter Temperatur der alkoholischen Gärung. Lagerbiere, insbesondere das jetzt wohl am meisten beliebte bayerische Bier, werden mit „Unterhefe" bereitet und bei einer Temperatur von 7—12° etwa 7—10 Tage lang der Gärung überlassen (untergärige Biere). Andere Sorten, wie Porter, Ale und unsere leichten Braunbiere, stellt man mit „Oberhefe" bei einer Temperatur von 12—15° dar und lässt sie nur 2 Tage in Gärung. Dieses „Jungbier" wird dann auf grosse ausgepichte Fässer gefüllt und in kühlen Lagerkellern verschieden lange Zeit einer langsamen Nachgärung unterworfen, durch welche es erst seinen reifen, erfrischenden und vollmundigen Geschmack erhält. — Statt des Gerstenmalzes kann man auch Weizen, Mais,



des Weins [1]), des Ciders und anderer. Er ist in concentrirter Form in den „spirituösen Getränken“ im engeren Sinne oder Brannt-

Reis und Stärkezucker als Zucker- resp. Alkoholquelle verwenden. Ebenso sind für den Bitterstoff des Hopfens verschiedene Surrogate (Fieberklee, Quassia, Weidenrinde u. a.) in Anwendung gekommen, letztere jedoch meistens in unredlicher Absicht; solche Zusätze werden daher in der Regel als Fälschungen betrachtet. Das Gebiet der Bierverfälschungen ist ein ausserordentlich grosses und zur Zeit, mit der zunehmenden Entwicklung dieses Industriezweiges, ein ziemlich umfangreiches geworden. Die Verwendung billigerer Materialien zur Erzielung eines grösseren Gewinnes ist gewöhnlich das leitende Motiv derselben. Ein näheres Eingehen auf dieses praktisch wichtige Capitel entzieht sich jedoch unserer Aufgabe.

[1]) Wein nennt man bekanntlich den gegorenen Saft der Trauben des Weinstocks. Dieselben werden in den meisten Ländern der gemässigten und südlichen Zone, in Frankreich, Italien, Deutschland und den Donauländern, in Griechenland, im Kaukasus und Kleinasien, auf Cypern u. s. w. in grossen Mengen gewonnen und zur Darstellung des beliebten, uralten Genussmittels weiter verarbeitet. Die für die Weinbereitung wichtigsten Bestandtheile des Traubensaftes sind der Traubenzucker, die Weinsäure und die gelösten Salze. Je nach dem Zuckergehalt der Trauben fällt der gegorene Wein schwerer oder leichter, milder oder saurer aus; die sehr zuckerreichen Weintrauben (Rosinen) Spaniens, Siciliens, Griechenlands und der griechischen Inseln geben, wie schon im classischen Alterthum bekannt, die feurigsten und süssesten Weine. Im Durchschnitt beträgt der Zuckergehalt der Beeren 12—30 pCt., neben 0,5 bis 0,12 pCt. Weinsäure; in geringeren Sorten fällt der Zuckergehall geringer, der Säuregehalt höher aus. Behufs Darstellung des Weins lässt man die Trauben am Stock möglichst reif (edelfaul) werden, zerstampft dann dieselben in grossen Fässern und lässt den Saft (Most) nach tüchtigem Auspressen der Trauben (Keltern) in besondere Gefässe abfliessen. Dieser Most wird dann in ähnlicher Weise, wie die Bierwürze, in Fässern oder Kufen der freiwilligen Gärung (ohne Hefezusatz) überlassen, alsdann geklärt und auf gut verpichte, luftdichte Fässer aufgefüllt, in welchen derselbe, in kühlen Kellern mehrere Jahre hindurch aufbewahrt, einer langsamen Gärung und Reifung unterliegt. Durch diese Nachgärung erhält der Wein erst sein Bouquet und seinen reifen, würzigen Geschmack, der um so angenehmer und hervorstechender ist, je älter der Wein wird. Tüchtige Weinkenner vermögen an der Blume des Weins das Alter desselben leicht zu erkennen. — Zu dieser ursprünglich sehr einfachen Procedur hat nun die Kunst der Küfer und Kellermeister im Laufe der Jahrhunderte allerlei theils erlaubte, theils unerlaubte Zuthaten hinzugethan. Hier seien nur einige der erlaubten Kunstgriffe der Weinkellerei erwähnt. Wenn in schlechten Jahren der Zuckergehalt der Trauben gering und der Säuregehalt relativ gross ist, so wird in der Regel dies Missverhältniss künstlich wieder ausgeglichen durch Zusatz von Traubenzucker und Neutralisiren der Säure mit gepulvertem Marmor (Chaptalisiren); oder auch man verdünnt den Wein bis zu dem gewünschten Säuregehalt und versüsst dann entsprechend mit Traubenzucker (Gallisiren). Ebenso werden häufig verschiedene Weinsorten mit einander vermischt (verschnitten), um gute, trinkbare Sorten zu erzielen. Den aus den besten Trauben eines Stockes erhaltenen Wein nennt man in der Kunstsprache „Ausbruch“. Dadurch, dass man die Gärung im zuckerreichen Most durch frühzeitiges Auffüllen auf gut verpichte Flaschen in diesen theilweise noch weiter gehen lässt, erhält man die sogenannten Schaumweine (Champagner, Sect), deren hervorstechendes Bouquet jedoch nicht Gärungsproduct ist, sondern künstlich durch Zusatz von Liqueuren erzeugt wird. Frisch gegorenen und noch kohlensäurereichen Most, der durch seine berauschende Wirkung ausgezeichnet ist, nennt man Brausewein (auch Sauser oder Federweiss). — Der Alkoholgehalt der Weine ist je nach dem Klima und der Art der Trauben

weinen enthalten, welche durch Abdestilliren von gegorenen weingeisthaltigen Flüssigkeiten dargestellt werden. So erhält man durch Destillation verschiedener französischer, sehr alkoholhaltiger Weine den sogenannten Franzbranntwein und den Cognac, aus gegorenem Zuckerrohrsaft oder der Melasse den Rum, aus gegorenem und gemalztem Reis den Arac u. s. w. In unserem Klima werden zur Erzeugung concentrirterer geistiger Getränke die viel billigeren und in grösseren Massen gewonnenen Kartoffeln und Cerealien benutzt, welche man in den Spiritusbrennereien einer Art von Maischprocess, ähnlich demjenigen bei der Bereitung des Gerstenmalzes, unterwirft und dann in geistige Gärung versetzt. Durch nachfolgende Destillation der so erhaltenen weingeistigen Flüssigkeiten gewinnt man den sogenannten Kartoffelspiritus oder Kornbranntwein, welche Flüssigkeiten theils als Brennmaterial (Brennspiritus), theils zur Bereitung spirituöser Genussmittel (Schnaps, Liqueure), theils zu verschiedenen gewerblichen Zwecken Verwendung finden. Die stärksten spirituösen Getränke, die Branntweine und Liqueure, enthalten zwischen 30—50 pCt. Alkohol, die Weine je nach dem Klima und dem Zuckergehalt der Trauben zwischen 8—30 pCt. und gewöhnliches Lagerbier im Durchschnitt 2,5 bis höchstens 6 pCt. Weingeist.

Durch wiederholtes Destilliren solcher alkoholhaltiger Gärungsflüssigkeiten bei gelinder Temperatur, wobei der leichtflüchtige Alkohol zuerst und mit wenig Wasser gemischt übergeht, erhält man schliesslich den reinen oder absoluten Alkohol [1]). Derselbe ist eine farblose, flüchtige, brennbare und leicht entzündliche Flüssigkeit von angenehmem Geruch und brennendem Geschmack. Er besitzt ein specifisches Gewicht von 0,795 (bei 15° C.), siedet schon bei einer Temperatur von 78° C., erstarrt aber selbst bei einer Kälte von — 100° C. noch nicht. Aus diesem letzteren

sehr verschieden. Leichte Weine (Rhein- und Moselweine, französische Weine) haben einen Alkoholgehalt von 7—10 pCt., schwerere Sorten, wie der Portwein, der Madeira und Tokayer, besitzen gegen 15—24 pCt. Alkohol. — Rothweine werden dadurch erhalten, dass man den Most zugleich mit den Schalen der rothen Trauben gären lässt, welchem Umstande der Rothwein nicht nur seine rothe Farbe, sondern auch seinen herben Geschmack (Gerbsäure) verdankt.

[1]) Absolut reinen, d. h. wasserfreien Alkohol giebt es streng genommen nicht, da Alkohol begierig Wasser anzieht und auch beim sorgfältigen Destilliren immer Spuren von Wasser mit sich fortreisst. Der „Alcohol absolutus" enthält im Durchschnitt noch nahezu 1—2 pCt. Wasser.



Grunde wird der Alkohol, gewöhnlich in gefärbtem Zustande, zur Füllung von Thermometern gebraucht, welche zur Messung sehr niedriger Temperaturen dienen oder in kalten Zonen, z. B. den Polargegenden, gebraucht werden.

Auch zu anderen technischen Zwecken findet der Alkohol eine ausgedehnte Verwendung; seine ausgezeichneten lösenden Eigenschaften auf Fette, Oele, Harze, Aether und Alkaloide befähigen ihn zur Darstellung zahlreicher chemischer Lösungen, pharmaceutischer Tincturen, wohlriechender Parfums, von Lacken, Firnissen und dergl. Der Alkohol besitzt ferner die Eigenschaft, feuchten thierischen und pflanzlichen Geweben das Wasser zu entziehen und sie dadurch fäulnissunfähig zu machen; er dient aus diesem Grunde als Conservirungsmittel für verschiedene leicht zersetzliche organische Stoffe, z. B. kleinere Thierleichen in zoologischen Sammlungen oder anatomische Präparate. Auch viele gegorene Flüssigkeiten, wie die stärkeren Exportbiere und schweren Weine, verdanken ihre grössere Haltbarkeit dem stärkeren Gehalt an Alkohol.

Auf den Menschen wirkt der Alkohol als Genussmittel in Form von Bier, Wein und Branntwein und in mässiger Menge genossen belebend und erfrischend ein; die genannten Getränke sind daher ein wichtiges diätetisches Stärkungs- und Erfrischungsmittel nach anstrengender körperlicher und geistiger Arbeit, nach erschöpfenden Krankheiten und anderen die physischen und geistigen Kräfte erschlaffenden Einwirkungen. Im Uebermaasse genossen dagegen wirkt der Alkohol erfahrungsgemäss schädlich, entweder vorübergehend durch die Erzeugung des Rausches mit seinen bekannten Folgezuständen (acuter Alcoholismus), oder dauernd durch die Erregung gewisser chronischer Störungen im Centralnervensystem und in gewissen drüsigen Organen, z. B. der Leber (chronischer Alcoholismus).

Der Alkohol ist nicht das einzige Product, welches bei der geistigen Gärung des Zuckers auftritt. Ausser den bereits früher genannten, in geringer Menge gebildeten regelmässigen Nebenproducten, dem Glycerin und der Bernsteinsäure, tritt bei der Gärung gewisser Getreidearten und namentlich der Kartoffeln noch eine Reihe anderer Alkohole auf, welche in ihren Eigenschaften von dem eigentlichen Gärungsproduct (Aethylalkohol, C_2H_6O) wesentlich abweichen. Es sind dies der Methylalkohol (CH_4O), der Propyl- und Isopropylalkohol (C_3H_8O), der Butyl- und

Isobutylalkohol ($C_4H_{10}O$), der Amylalkohol ($C_5H_{12}O$) und einige andere. Von diesen sind nur die beiden erstgenannten dem Aethylalkohol an Geruch und Geschmack einigermassen ähnlich; die letzteren dagegen, insbesondere der Amylalkohol, besitzen einen unangenehmen, stechenden Geruch und einen kratzenden Geschmack. Sie werden in der technischen Sprache als „Fuselöle“ bezeichnet und bilden der genannten Eigenschaften wegen einen störenden Bestandtheil der als Genussmittel verwendeten Gärungsflüssigkeiten. Um daher die Branntweine geniessbar zu machen, müssen die Fuselalkohole zuvor durch Destillation aus denselben entfernt werden [1]).

Ausser den Akoholen treten in manchen gegorenen Flüssigkeiten auch noch Aetherarten auf, welche ihrer chemischen Zusammensetzung nach jedoch grösstentheils noch unbekannt sind. Sie bediugen das feine Aroma, welches manche geistigen Getränke nach beendeter Gärung besitzen und welches man beim Weine gewöhnlich als „Blume“ oder „Bouquet“ bezeichnet. Sie werden stets nur in sehr geringer Menge gebildet und sind daher der chemischen Untersuchung schwer zugänglich. Von sehr aromatischen Weinen hat man durch Destillation ein Gemisch von solchen Aetherarten ausgeschieden, welches Oenanthäther (Weinäther) genannt wird und aus verschiedenen Kohlenwasserstoffverbindungen, namentlich Aethyl- und Capryläthern, besteht. Ueber die Entstehungsweise dieser Aromata weiss man nur, dass sie in manchen Mostarten gar nicht oder nur spärlich, in anderen dagegen relativ reichlich sich bilden. Die schwereren, in südlichen Klimaten gewachsenen Weine haben bekanntlich wenig oder gar kein Aroma, während die in gemässigten Zonen cultivirten Weine, namentlich unsere Rheinweine, sich in der Regel durch ein gewürziges und angenehmes Bouquet auszeichnen. In vielen Weinen entsteht das feinste Aroma erst im Verlaufe der Nachgärung, bei der jahrelangen Aufbewahrung unter Luftabschluss in kühlen Kellern; daher bildet die Weinblume das Kriterium, an welchem der Feinschmecker nicht blos die Güte des Gewächses, sondern auch das Alter des Weins zu erkennen pflegt. Je älter der Wein, desto feiner seine

---

[1]) Der Amylalkohol ($C_5H_{12}O$) siedet erst bei 137° C. und der Butyl- und Isobutylalkohol bei 106 resp. 107° C.; die übrigen meist angenehm riechenden und schmeckenden Alkohole sieden dagegen schon bei einer Temperatur unter 100° C. Bei vorsichtiger Destillation gehen also nur diese letzteren in das Destillat über, während die Fuselöle in dem Rückstande zurückbleiben. Hierauf beruht das sogenannte Rectificiren weingeisthaltiger Flüssigkeiten.



Blume. Wahrscheinlich haben auch Verschiedenheiten in der Zusammensetzung des Mostes, Varietäten und Arten der Trauben, sowie die Beschaffenheit des Bodens, auf welchem sie gewachsen, auf die Entstehung und Qualität des Weinäthers einen Einfluss[1]). —

Von den anderen Gärungen ist es namentlich die Essigsäuregärung, deren Product technische und ökonomische Wichtigkeit erlangt hat. Die Essigsäure entsteht in allen weingeisthaltigen Flüssigkeiten bei mittlerer Temperatur und andauernder Berührung mit der atmosphärischen Luft, wofern der Alkoholgehalt dieser Flüssigkeiten nicht 10 pCt. übersteigt. Sie wird an dem säuerlichen Geruch und Geschmack derselben leicht erkannt. Dieser Process bildet eine sehr unliebsame Complication aller industriell verwertheten alkoholischen Gärungen, da Bier und Wein, sobald sie durch Essiggärung sauer geworden, ungeniessbar oder gar schädlich sind und daher als verdorben betrachtet werden. Bei der Leichtigkeit, mit welcher die Oxydation des Alkohols in diluirten Flüssigkeiten beim Zutritt der Luft eintritt, bildet die Verhütung dieser sauren Nachgärung, des sogenannten Schal- oder Sauerwerden, eine Hauptsorge der Bierbrauer und Weinproducenten.

Solche Flüssigkeiten, in welchen der Alkohol zu Essigsäure oxydirt ist, nennt man im Allgemeinen Essig. Man unterscheidet je nach dem Material, aus welchem derselbe gewonnen wird, einen Weinessig, Fruchtessig, Malz- oder Getreideessig u. s. w. Der Essig wird theils im Haushalt als gewürziger Zusatz zu verschiedenen Nahrungsmitteln, zum Schmoren von Fleisch und Gemüse, zum Einmachen von Obst und anderen Früchten, theils zu verschiedenen gewerblichen Zwecken, zur Fabrikation des Bleiweisses und des Bleizuckers, der in Färbereien angewendeten essigsauren Eisenbeize u. s. w. gebraucht und daher fabrikmässig im Grossen dargestellt. Man benutzt zu diesem Zweck am häufigsten sehr verdünnten Kartoffelspiritus, seltener geringere Sorten Wein und Fruchtsäfte, welche Flüssigkeiten man in möglichst ausgiebige Berührung mit der atmosphärischen Luft zu bringen sucht. Dies geschieht gewöhnlich dadurch, dass man den stark verdünnten Spiritus in luftigen Räumen bei 15—20° R. in grosse, siebförmig durchlöcherte Fässer (Essig-

---

[1]) Vergl. bezüglich dieses Punktes C. O. Harz: „Grundzüge der alkoholischen Gärungslehre." München 1877. S. 41 u. 42.



bilder)[1]) laufen und aus diesen über Buchenholz oder Hobelspähne langsam herabtröpfeln lässt. Die einzelnen Tropfen werden hierbei der oxydirenden Einwirkung der Luft in grosser Ausdehnung preisgegeben und relativ schnell umgewandelt (Schnellessigfabrikation).

Durch Destilliren des gewöhnlichen Essigs erhält man dann den gereinigten oder concentrirten Essig (Acidum aceticum dilutum), welcher zu pharmaceutischen Zwecken vielfach gebraucht wird. Die absolute Essigsäure oder der Eisessig (Acidum aceticum glaciale) wird gewöhnlich nicht durch Gärung, sondern auf chemischem Wege (durch Destillation von reinem Natriumacetat und concentrirter Schwefelsäure) dargestellt. Sie ist eine farblose, stechend sauer riechende, ätzende Flüssigkeit, welche bei 118° siedet und schon bei +17° C. zu einer krystallinischen Masse (Eis) erstarrt. Sie löst die meisten protoplasmatischen Gebilde des Thierkörpers, z. B. junge zellige Gebilde, Epithelien u. s. w. langsam auf, macht bindegewebige und sehnige Theile aufquellen und erzeugt, auf die gesunde Haut gebracht, Blasen. Essigsäure wird daher medicinisch zum Zerstören abnormer Gewebsbildungen, z. B. Hautwarzen, gebraucht, ferner für microscopische Zwecke und zum Desinficiren vergifteter Wunden, namentlich bei Infection mit Leichenflüssigkeiten. Auch in der Chemie spielt die Essigsäure eine wichtige Rolle, als Reagens und Darstellungsmittel; sie ist die einfachste und wichtigste aller organischen Säuren und bildet zahlreiche Salze und Aether[2]).

Von geringerer praktischer Bedeutung ist die Milchsäure ($C_3H_6O_3$), das Gärungsproduct des Milchzuckers in der Milch beim Sauerwerden derselben. Sie entsteht unter gewissen Bedingungen auch aus Traubenzucker und Rohrzucker. Chemisch dargestellt

---

[1]) Dieser merkwürdige Name ist hergeleitet von dem Worte bilden und bedeutet Fässer, welche den Essig bilden. Uebrigens wird die Procedur des Durchtröpfelnlassens der alkoholischen Flüssigkeit durch die „Essigbilder" mehrmals vollzogen, um die Oxydation möglichst vollständig werden zu lassen, und der Raum der Fabrik beständig auf einer Temperatur von 24—30° erhalten.

[2]) Eine andere Art von Essig, welche aber nicht durch Gärung entsteht, ist der sogenannte Holzessig (Acetum pyrolignosum), welcher bei der trockenen Destillation des Holzes neben zahlreichen anderen Producten sich bildet. Derselbe ist ein Gemisch von Essigsäure, Methylalkohol und verschiedenen theerartigen Substanzen; er spielt beim Process des Räucherns eine gewisse Rolle und wird auch für sich allein zur künstlichen Räucherung von Fleischwaaren verwendet.

wird sie gewöhnlich, indem man Rohrzucker mit faulendem Käse, Kreide und Wasser einige Tage lang bei 30—35° C. stehen lässt; es bildet sich alsdann durch Gärung milchsaurer Kalk, welcher mit Schwefelsäure zerlegt die Milchsäure giebt. Dieselbe stellt eine zähflüssige, syrupartige Flüssigkeit dar von stark saurem Geschmack und ätzenden Eigenschaften; sie ist mit Wasser und alkoholischen Flüssigkeiten leicht und in jedem Verhältniss mischbar[1]). Ihre praktische Bedeutung erlangt die Milchsäure durch die Ausfällung des Käsestoffs der Milch bei der sauren Gärung derselben. Dieser Käsestoff findet bekanntlich seine weitere ökonomische Verwendung Behufs Darstellung von Käse, indem man denselben einer Art langsamer Fäulniss unterwirft, während das gleichzeitig auf der Oberfläche abgeschiedene Fett der Milch, die sogenannte Sahne, zur Bereitung von Butter dient. Das hierbei zurückbleibende dünnflüssige, bläulich-weisse und schwach getrübte Serum, die Molken (Serum lactis), enthält hauptsächlich die Salze der Milch, nebst geringen Mengen von Fett und Eiweiss. Diese Molken finden eine ziemlich ausgebreitete therapeutische Verwendung, insbesondere bei der Behandlung von Krankheiten der Athmungsorgane, und werden in besonderen Molkenkuranstalten, namentlich der Schweiz, Tirols und Bayerns, methodisch und kurmässig verabreicht.

Die Milchsäure ist in neuerer Zeit von Preyer als schlafmachendes Mittel empfohlen und, da sie sich im lebenden Organismus als Stoffwechselproduct des arbeitenden Muskels findet, für die Aufstellung einer Theorie des natürlichen Schlafes verwerthet worden. In der That besitzt die Säure, sowie die Salze derselben, milchsaures Natron, Kali und Kalk, beim Menschen beruhigende und schlaferzeugende Wirkungen; jedoch ist diese Wirkung, wie zahlreiche Versuche der Aerzte ergeben haben, eine unsichere und tritt gewöhnlich erst nach Anwendung ganz unverhältnissmässig grosser Dosen ein, welche andere üble Nebenwirkungen, wie Diarrhoe und Erbrechen, nach sich ziehen[2]). Anderen bewährten

---

[1]) Die rein chemischen Eigenschaften dieser Gärungsproducte finden hier keine Erwähnung, sofern dieselben nicht ein technisches oder medicinisches Interesse beanspruchen. Wegen der genaueren Darstellungsweise dieser Stoffe und ihres Verhaltens zu anderen chemischen Körpern muss ich auf die chemischen Lehrbücher verweisen.

[2]) Die schlafmachende Wirkung der Milchsäure wurde mir schon vor der Beobachtung von Preyer aus der interessanten Mittheilung eines Laien wahrscheinlich. Ein Gutsbesitzer in der Mark Brandenburg nämlich, bei welchem



Hypnoticis gegenüber hat sich daher dieses Mittel nicht behaupten können; auch ist die Preyer'sche Theorie des Schlafes vielfach angefochten worden. Von den übrigen künstlich dargestellten Salzen der Milchsäure findet nur das milchsaure Eisen (Ferrum lacticum) als leicht verdauliches Eisenpräparat eine medicinische Verwendung.

Freie Milchsäure kommt, ausser in gegorener Milch, auch noch im Sauerkraut und in manchen Pflanzenextracten vor. Eine isomere Modification derselben, die Para- oder Fleischmilchsäure ($C_3H_6O_3$), entsteht theils als physiologisches Umsetzungsproduct im thätigen Muskel, theils als postmortales Zersetzungsproduct in abgestorbenen Organen. Die Quelle der Fleischmilchsäure ist wahrscheinlich der Muskelzucker (Inosit, $C_6H_{12}O_6$) und die Art der Entstehung eine ähnliche, wie bei der Gärung.

Die noch übrigen Gärungsproducte beanspruchen nur ein geringes Interesse. Die Buttersäure ($C_4H_8O_2$) ist das Umwandlungsproduct der Milchsäure und tritt regelmässig bei der Fäulniss der Milch und des Käsestoffs auf. Sie kommt auch neben anderen Säuren, der Capron-, Caprin- und Caprylsäure, reichlich in der ranzigen Butter vor, ebenso in einer Reihe anderer gegorener Stoffe, in dem Sauerkraut und den sauren Gurken. Auch als biologisches Stoffwechselproduct tritt sie auf, z. B. im Schweiss des Menschen und im Johannisbrod. Rein dargestellt bildet sie eine farblose, stark saure Flüssigkeit, welche der Essigsäure ähnlich riecht[1]). Für chemische Zwecke wird sie ebenfalls durch Gärung dargestellt, indem man Rohrzuckerlösungen mit Käse und Kreide bei 30° C. längere Zeit faulen lässt. Technische Verwendung findet die Buttersäure an und für sich meines Wissens nicht.

Ziemlich verbreitet kommt in der lebenden Natur die Ameisensäure (CH_2O_2) vor, das weitere Gärungsproduct der Buttersäure. Sie findet sich in den Ameisen, in den Kiefernadeln, in

---

ich als Militärarzt während eines Manövers in Quartier lag, erzählte mir, dass er seit Jahren kein angenehmeres Mittel, um gesunden Schlaf zu erzeugen, kenne, als jeden Abend vor dem Schlafengehen „eine Satte dicke Milch" zu verzehren. Er huldigte dieser Gewohnheit, wie er versicherte, schon seit geraumer Zeit und erfreut sich seitdem des festesten, gesundesten Schlafes.

[1]) Mit geringen Mengen Ammoniak giebt die Buttersäure einen eigenthümlich widerlichen, unwillkürlich an Schweiss erinnernden Geruch. Der Buttersäureäthyläther hat dagegen einen sehr angenehmen Geruch und wird zur Bereitung von künstlichem Rum verwendet.



den Brennnesseln, ferner in geringer Menge auch in den Secreten des thierischen Organismus (Schweiss, Harn). Sie ist eine farblose, stark saure, ätzende Flüssigkeit, welche auf der Haut brennt und einen quaddelförmigen Ausschlag (Urticaria) erzeugt, wie er auch nach der Berührung mit Brennnesseln (Urtica urens) erfolgt. Gewöhnlich wird sie im Grossen dargestellt, nach der Angabe von Berthelot, durch Erhitzen von Oxalsäure und Glycerin bei 110° C., wobei erstere in Ameisensäure und CO_2 zerfällt. Die Ameisensäure hat das Bestreben, sich höher zu Kohlensäure und Wasser zu oxydiren und entzieht daher leicht reducirbaren Stoffen, z. B. Silber- und Quecksilbersalzen, den Sauerstoff; auf dieser Eigenschaft beruht ihre Anwendung bei der Fabrikation von Silber- und Quecksilberspiegeln. Auch in der Photographie wird sie neuerdings als Zusatz zur Entwicklungsflüssigkeit für negative Collodiumbilder gebraucht. Pharmaceutisch findet sie in Form einer alkoholischen Lösung oder auch als spirituöser Auszug aus den Ameisen (Ameisenspiritus) Verwendung und wurde früher als irritirende Einreibung in die Haut bei gichtischen und rheumatischen Leiden vielfach gebraucht.

Die Bernsteinsäure ($C_4H_6O_4$) ist ein Nebenproduct bei der alkoholischen Gärung des Traubenzuckers und entsteht auch bei der Oxydation verschiedener Fette, namentlich der Butter. Ausserdem findet sie sich fertig gebildet im Bernstein, in manchen Pflanzen (Wermuth) und im thierischen Organismus. Ein besonderes chemisches oder technisches Interesse besitzt dieser Körper nicht.

Viel wichtiger dagegen ist das Anhydrit der Kohlensäure (CO_2). Es entsteht als gasförmiges Product bei fast allen Gärungen, bei der Vermoderung der Holzfaser und bei den thierischen Fäulnissprocessen, überhaupt überall da, wo kohlenstoffhaltige (organische) Materie bei Luftzutritt in Zersetzung übergeht, und bildet weitaus das constanteste aller Zersetzungsproducte. Wenn ihre Gegenwart trotz dieser Regelmässigkeit des Auftretens nicht als charakteristisch für die genannten Processe gilt, so hat dies seinen Grund darin, dass die Kohlensäure in ziemlich reichlicher Menge auch anderweitig in der Natur durch oxydative Processe gebildet wird, nämlich durch die Athmung des Menschen und der Thiere und bei den Verbrennungsprocessen. Wir finden daher Kohlensäure als einen constanten Bestandtheil des Gasgemenges

der atmosphärischen Luft, welche in wechselnden Verhältnissen etwa 3—5 Theile derselben auf 10000 Theile enthält.

Relativer Reichthum der Luft bewohnter Orte an Kohlensäure wird daher von den Hygienikern als ein pathognomonischer Ausdruck dafür angesehen, dass entweder Menschen in geschlossenen, schlecht ventilirten Räumen längere Zeit geathmet haben, oder dass Zersetzungsprocesse animalischer oder vegetabilischer Stoffe an solchen Orten vorhanden sind. Die Kohlensäure bildet ein wichtiges Nahrungsmittel für die Pflanze und wird von den Blättern aufgenommen und zerlegt, wobei der Sauerstoff wieder in die Atmosphäre entweicht, während der Kohlenstoff assimilirt wird. Die Kohlensäure der atmosphärischen Luft ist also die hauptsächlichste, vielleicht die einzige Quelle für den grossen Kohlenstoffreichthum des Pflanzenkörpers und somit auch die eigentliche Quelle der zahlreichen Kohlenwasserstoffverbindungen, sowie der pflanzlichen Kohle, welche als Brennmaterial seit Alters her in dem menschlichen Leben eine so wichtige Rolle spielt. Es klingt erstaunlich, wenn man sich vorstellt, dass die mächtigen Kohlengebirge im Innern unserer Erde, diese stummen Zeugen früherer riesenhafter Vegetationen, welche in ihrer ausgebildetsten Form fast reinen Kohlenstoff darstellen, ursprünglich einmal als Kohlensäure in der Atmosphäre vorhanden gewesen sind. Welche enormen Mengen von CO_2 müssen im Laufe der Jahrtausende dazu gehört haben, um durch die Vermittelung des Pflanzenwuchses diese meilenlangen Gebirge von Kohlenstoff hervorzubringen! Schon ein einziges Gramm Steinkohle, durch Verbrennen wieder zu Kohlensäure oxydirt, liefert uns weit mehr als ein Liter CO_2-Gas [1]).

Die Kohlensäure entströmt auch an vielen Orten frei der Erde, z. B. in der Hundsgrotte bei Neapel, in der Dunsthöhle bei Pyrmont und am Laacher See; sie ist auch frei in vielen Mineralwässern (Selters, Ems u. a.) enthalten. Das Quellwasser verdankt dem Gehalt an gelöster Kohlensäure seinen erfrischenden Geschmack; ebenso erhalten gegorene geistige Getränke (Bier, Schaumweine) durch die Gegenwart der Kohlensäure ihr erfrischendes und prickelndes Mousseux. Mechanisch unter einem hohen Druck in Brunnen- oder Quellwasser imprägnirt, bildet sie die sogenannten

[1]) Ein Gramm Kohlenstoff liefert bei der Verbrennung 3,66 Grm. Kohlensäure. Ein Liter Kohlensäuregas hat ein Gewicht von 1,9666 Grm.; mithin nehmen 3,666 Grm. CO_2 einen Raum von 1864 Cctm., d. h. von 1,86 Liter, ein.



künstlichen Mineralwässer (Selterser und Soda), welche gegenwärtig ein so beliebtes und erfrischendes Getränk sind. Auch als Heilmittel wird Kohlensäure in Form von CO_2-haltigen Bädern und Mineralwässern vielfach angewendet.

Dieser ausserordentlichen Verbreitung des Anhydrits der Kohlensäure entspricht nun auch ihr Vorkommen in der anorganischen Natur in Form von Salzen. Sie geht mit fast allen Alkalien, Erden und Metallen feste chemische Verbindungen ein, deren Zahl Legion ist, und wird in dieser Ausbreitung wohl von keiner anderen organischen oder anorganischen Säure übertroffen. Kohlensaures Kali, Natron, Magnesia und Kalk bilden einen regelmässigen Bestandtheil nicht nur aller thierischen Gewebe und Flüssigkeiten, sondern auch aller pflanzlichen Gewächse und fast aller terrestrischer Wassersorten, als des Brunnen-, Fluss- und Quellwassers. Nicht minder ausgebreitet ist das Vorkommen der kohlensauren Salze als festes Gestein; die Verbindung der Kohlensäure mit dem Kalk allein ist eins der verbreitetsten Mineralien und bildet in mannigfacher Gestalt, als Kreide, Marmor, Kalkstein, Arragonit oder Kalkspath, ganze Gebirge. Wenn auch für diese geologischen Bildungen nicht behauptet werden kann, dass die hierbei verwendete Kohlensäure ausschliesslich oder überwiegend Zersetzungsvorgängen entstamme, so haben doch jedenfalls an einem Theile der in der anorganischen Natur vorkommenden kohlensauren Verbindungen die Fäulnissprocesse einen wesentlichen Antheil. Ich erinnere hier nur an die aus faulenden und modernden Stoffen direct hervorgehenden kohlensauren Salze, welche dem Erdreich oder dem irdischen Wasser anheimfallen und somit einen Bestandtheil der Erdoberfläche bilden.

Was den Antheil der Fäulnissprocesse an der frei in der Atmosphäre vorhandenen Kohlensäure betrifft, so ist derselbe im Vergleich mit der Verbrennung und der thierischen Athmung keinenfalls ein geringer. Allerdings ist hier eine annähernde Berechnung oder Schätzung wohl kaum möglich. Namentlich die in ihrer Ausdehnung uncontrolirbaren und überaus wechselnden Verbrennungsvorgänge auf der Erdoberfläche entziehen sich jeder quantitativen Bestimmung. Jedoch lässt sich für die anderen beiden Naturvorgänge wohl mit einiger Wahrscheinlichkeit annehmen, dass die durch Gärung, Vermoderung und Fäulniss continuirlich und

aller Orten gebildeten Kohlensäuremengen den durch die Athmung der Thierwelt gelieferten im Durchschnitt nahezu gleich kommen.

Vergleichen wir die gasigen Endproducte der Vermoderung mit denjenigen der Fäulniss, so fällt zunächst das Fehlen irgend welcher riechender Verbindungen auf. In der That sehen wir die Mehrzahl der Vermoderungsprocesse und Gärungen in der Natur fast geruchlos verlaufen; während die Zersetzung thierischer Stoffe sich schon frühzeitig und verhältnissmässig leicht durch das Auftreten von Gestank kenntlich macht, verräth kein sonderlich übler Geruch die Gegenwart modernder oder gärender Vegetabilien. Es erklärt sich dies eben, wie bereits früher hervorgehoben wurde, aus der materiellen Verschiedenheit der beiderseitigen Stoffe; fast alle übel riechenden Substanzen, die wir kennen, sind N- und S-Verbindungen, welche der Pflanzenkörper bekanntlich nur in sehr spärlichem Maasse besitzt.

Gleichwohl kann man bei einiger Aufmerksamkeit auch bei der Vermoderung gewisse specifische Gerüche wahrnehmen, zwar nicht gerade übelriechend, auch nicht sehr intensiv, aber doch eigenthümlich und distinct genug, um als Modergeruch erkannt zu werden. Als specifischen Modergeruch möchte ich denjenigen bezeichnen, den man wahrnimmt, wenn man feuchten Waldesboden mit den Händen aufhebt oder humusreiche Gartenerde auflockert. Diesen Geruch findet man fast überall da wieder, wo abgestorbene Pflanzentheile in feuchter Umgebung der Zersetzung unterliegen, z. B. in Gemüsekellern, im feuchten Wiesengrunde, im Composthaufen und selbst an moderndem Holz. Dieser Geruch lässt sich zwar weder chemisch noch physiologisch genau definiren, ist jedoch so charakteristisch, dass er in humösen Theilen sofort wiedererkannt wird. Die Ursache dieses Modergeruches ist noch völlig unbekannt; möglicherweise sind flüchtige Pflanzensäuren an der Entstehung desselben betheiligt.

Dem Modergeruch ähnlich, aber doch bestimmt von ihm zu unterscheiden, ist der sogenannte Schimmelgeruch, den man gleichfalls an der Oberfläche feuchter, in Zersetzung begriffener Vegetabilien häufig wahrnimmt. Derselbe hängt, wie schon der Name sagt, mit der Entwicklung niederer, parasitischer Schimmelpilze zusammen, insbesondere verschiedener Arten der Gattungen Mucor, Penicillium und Aspergillus, welche sich mit Vorliebe auf abgestorbenen und feuchten organischen Stoffen ansiedeln. Dieser

Geruch ist ganz eigenartig; wir beobachten ihn auf faulendem Obst, auf verschimmeltem Brod, an feuchten Wänden und in engen, dumpfen, kellerartigen Räumen, weshalb der Schimmelgeruch auch vielfach im Leben als „dumpfiger Geruch" bezeichnet wird. Da nun ferner derartige Räume gewöhnlich durch eine stockende oder erschwerte Luftcirculation ausgezeichnet sind und stagnirende Luft bekanntlich ein wesentlicher Factor für das Zustandekommen solcher Schimmelvegetationen ist, so pflegt man in manchen Gegenden Deutschlands das Schimmeln der Wände auch häufig als „Stocken" und den eigenthümlichen Geruch desselben als „stockigen Geruch" zu bezeichnen.

Mit dem eigentlichen Modergeruch ist ferner nicht zu verwechseln der deutlich faulige Geruch, den sich zersetzende Vegetabilien unter anderen Verhältnissen entwickeln, z. B. im Cloakeninhalt, in stagnirenden Teichen und in Wasserläufen, welche bewohnte Orte durchziehen. In allen solchen Fällen sind den modernden Vegetabilien thierische Stoffe, insbesondere Excremente, Jaucheabflüsse oder die Leichen von Thieren, beigemengt und die Ursache des wirklich fauligen Gestankes, den Abzugskanäle, Gräben und stehende Gewässer, zumal in heisser Jahreszeit, in Städten und Dörfern verbreiten. Nicht selten sind hier auch H_2S und H_3N chemisch nachweisbar. Diese gemischten Fäulnissgerüche sind natürlich im Einzelnen sehr schwer zu qualificiren; sie wechseln in ihren Eigenschaften je nach den gegebenen Verhältnissen. Will man besonders häufige und ziemlich charakteristische (i. e. constante) Typen derselben unterscheiden, so kann man den Cloaken- oder Gossengeruch und den Sumpfgeruch als solchen bezeichnen. In die Kategorie der gemischten Gerüche gehört endlich auch der bei der Fäulniss der Kohlarten, der Erbsen, Bohnen, Linsen und anderer N- und S-haltigen Vegetabilien auftretende Gestank.

Auch bei den Gärungen der Kohlenhydrate werden nicht selten riechbare Veränderungen wahrgenommen. So charakterisirt sich die Essiggärung in alkoholischen Flüssigkeiten durch den alsbald auftretenden säuerlichen Geruch und die Buttersäuregärung in Milch und Butter durch den eigenthümlich ranzigen Geruch; beide Geruchsarten sind an sich so charakteristisch, dass durch sie die eingetretene Veränderung der genannten Stoffe leicht erkannt werden kann. Selbst die an und für sich ganz geruchlose Kohlensäure

kann, in grösseren Mengen gebildet, deutlich wahrgenommen werden durch das eigenthümlich erstickende Gefühl, welches man empfängt, wenn man beispielsweise in einer Brauerei das Gesicht über einen in voller Gärung begriffenen Maischbottich hält. Auch die alkoholische Gärung, die in diluirten zuckerhaltigen Flüssigkeiten gewöhnlich geruchlos verläuft, führt unter Umständen, wie bereits erwähnt, zur Bildung riechender Substanzen durch die Erzeugung des angenehmen, aromatischen Bouquets, welches den Wein vor allen anderen geistigen Getränken auszeichnet. Gerade in diesem duftigen Bouquet, und nicht in dem Gehalt an Alkohol, liegt wahrscheinlich der geheimnissvolle Reiz und die ästhetisch anregende Wirkung, welche der Weingenuss auf die Trinker aller Zeiten, von Anacreon und Horaz an bis auf die Musensöhne unserer Tage, ausgeübt hat.

Drittes Capitel.

Giftige Wirkungen der Fäulniss.

Geschichtliches. Entwicklung der Lehre vom »putriden Gift«. Die putride (septische) Infection bei Thieren. Allgemeine Infection (Septicaemie). Oertliche Infection: a) die purulente Phlegmone, b) die progrediente jauchige Phlegmone, c) die septische Gangrän. — Die septische Vergiftung beim Menschen. Aehnlichkeit und Verschiedenheit. Das »septische Fieber« oder Wundfieber. Die maligne Septicämie; klinische Symptome und Leichenbefund. — Natur des Fäulnissgiftes. Chemische Eigenschaften desselben. Die parasitäre Theorie; Gründe für dieselbe. Klebs und das Microsporon septicum. Andere anatomische Beobachtungen. Einwände dagegen; Micrococcen im kranken und gesunden Körper; Art ihres Auftretens. — Experimente: Allgemeines Verhalten der Faulflüssigkeiten bei der Injection (Dosirung, Einfluss der Stadien und der chemischen Constitution). Die Trennungsversuche: a) Filtrations- und Diffusionsversuche, b) Impfung und Injection von künstlich gezüchteten Bacterien, c) Versuche mit isolirten Organismen, d) Tödtung der Bacterien durch Siedehitze und chemische Agentien (Panum, Bergmann), e) Wirkung einzelner Fäulnissproducte. Die Resultate dieser Versuche. — Specifische Gifte in verdorbenen Nahrungsmitteln: 1. das Wurstgift, 2. das Käsegift und 3. das Fischgift. — Andere Krankheiten, welche zur Fäulniss in Beziehung stehen. Das »Faulfieber« der Alten. Begriff des Contagium und Miasma. Die Malariakrankheiten; Entstehung und Natur des Malariagiftes. — Der Typhus abdom. Beziehungen zur Bodenverunreinigung der Städte. Ursachen und Consequenzen derselben. Hülfsmomente. Entstehung von Typhus durch Luftvergiftung und Trinkwasservergiftung. Specifische Natur des Typhusgiftes. — Die Cholera asiat. Ihre Verbreitungsweise; Einfluss der Oertlichkeit. Beschaffenheit derselben. — Ruhr, Gelbfieber und Cholera nostras. — Die Städtereinigung als Mittel zur Bekämpfung dieser Krankheiten.

Seit Alters her hat man faulenden Stoffen gewisse schädliche Wirkungen auf den Organismus zugeschrieben. Man wusste oder ahnte, dass Luft, welche mit den Ausdünstungen faulender oder vermodernder Stoffe verunreinigt war, auf die Gesundheit der Bewohner einen üblen Einfluss ausübe; man hatte schon in früheren Zeiten wiederholt die Beobachtung gemacht, dass faulende Cadaver von Menschen und Thieren, Anhäufung von Excrementen grosser Menschenmassen, vermoderndes Lagerstroh und Ueberfüllung von Hospitälern mit eiternden Wunden zu bösartigen Fiebern, schlech-

tem Heilungsverlauf der Wunden und epidemischen Krankheiten Veranlassung geben könne. In den Mittheilungen der Geschichtsschreiber über die verheerenden Seuchen des Alterthums und des Mittelalters, sowie in den Berichten älterer Feldärzte (Pringle, Mursinna, Ambroise Paré) über die epidemischen Krankheiten auf Feldzügen und bei Belagerungen sind mannigfache Andeutungen dieser Art enthalten, wenn auch die Vorstellungen über die Art dieser Einwirkung und über die Natur der durch Fäulniss gebildeten Stoffe meist sehr unklar waren.

Etwas festeren Boden gewannen diese Vorstellungen, als man um die Mitte des 18. Jahrhunderts anfing, die Wirkungen faulender Stoffe durch Versuche an Thieren näher zu prüfen. Versuche dieser Art wurden, wenn auch in sehr unvollkommener Weise, von A. v. Haller [1]) und kurze Zeit darauf von John Pringle und Seibert ausgeführt [2]). Dieselben führten jedoch zu keinem bestimmten Ergebniss hinsichtlich der Natur des Giftes putrider Stoffe. In der Regel suchte man die Schädlichkeit derselben in den fauligen, übelriechenden Ausdünstungen und nahm, durch die Sinneswahrnehmung verleitet, an, dass eine organische Substanz sehr giftig sein müsse, wenn sie recht faul stinke. Diese Ansicht hat sich später als eine irrige erwiesen.

Gaspard [3]) (1822) gebührt das Verdienst, durch genauere

---

[1]) Ob A. v. Haller selbst Experimente über putride Infection gemacht hat, oder ob er nur die Versuche Anderer berichtet, ist aus seiner Mittheilung nicht recht ersichtlich. In seinem Buche: „Elementa physiologiae corporis humani.“ Göttingen und Leyden (1765). 2. Ausgabe. Bd. III. S. 154 — findet sich nur die nackte Angabe, dass faules Wasser, in das Blut lebender Thiere gebracht, schnell den Tod derselben herbeiführt.

[2]) Der seiner Zeit hochberühmte Generalphysikus (Oberarzt) der engl. Armee, John Pringle, theilt in seinem Buche: „Observations on the diseases of the army.“ London 1752 (deutsch übersetzt von Brande, Altenburg 1772), bereits 48 beachtenswerthe Versuche über Gärung und Fäulniss, über gärungerregende Stoffe (Fermente) und über antiseptische Substanzen (spanische Fliegen, Vipernpulver, russischen Bibergeil, Meerrettig, Rüben, Knoblauch, Zwiebeln und andere antiscorbutische Pflanzen, ferner Salpeter, Seesalz, Campher und zahlreiche andere Stoffe) mit, welche in der Versuchsanordnung sehr viel Aehnlichkeit mit den gegenwärtig üblichen Experimenten haben. Seite 427 u. 428 findet sich sogar eine ausführliche Tabelle über die fäulnisswidrige Wirkung von 14 Salzen und die zur antiseptischen Wirkung erforderliche Dosis jedes einzelnen (vergl. den „Anhang“ S. 413—516). — Die Versuche von Seibert habe ich im Original nicht auffinden können.

[3]) B. Gaspard: Sur les maladies purulentes et putrides, sur la vaccine etc. Journal de Physiologie exper. et pathol. 1822. Bd. II. p. 1—45. 42 Experimente an Hunden, theilweise auch an Lämmern, Hammeln, Schweinen und Füchsen angestellt. Injection zahlreicher Faulflüssigkeiten, —



Versuche zuerst nachgewiesen zu haben, dass die in faulenden Flüssigkeiten auftretenden Gase (Schwefelwasserstoff, Kohlenwasserstoff und Kohlensäure) für das Zustandekommen der putriden Infection ziemlich gleichgültig sind, dass vielmehr das durch die Fäulniss gebildete Gift an die faulende Substanz selbst gebunden, mithin fest oder flüssig sei. Gaspard wies ferner zum ersten Mal nach, dass das durch die Einwirkung faulender Stoffe auf lebende Thiere erzeugte Krankheitsbild ein ganz charakteristisches ist (putride oder septische Infection) und von einem besonderen, constanten Agens (septisches oder putrides Gift) abhängt. Er suchte die Wirkung der putriden Substanzen hauptsächlich in einer Veränderung der Blutmischung, welche er als Zersetzung des Blutes bezeichnete, und in einer mehr oder weniger ausgesprochenen, hämorrhagischen Entzündung der Darmschleimhaut.

Gaspard's Versuche wurden zunächst von einigen französischen Forschern, Magendie [1]), Leuret, Dupuis, Darcet und Sédillot [2]), wiederholt und in allen wesentlichen Punkten bestätigt. Es stand also seit dieser Zeit fest, dass das putride Gift kein gasförmiger Körper, sondern eine in der faulenden Materie selbst enthaltene und an die Faulflüssigkeit gebundene Substanz sei. Ob dieses Gift nun fest oder flüssig, ob es organisch oder unorganisch, belebt oder unbelebt sei, diese von den späteren Forschern so vorwiegend ventilirte Frage blieb vorläufig noch eine offene. Erst Virchow [3]) und A. Stich [4]) (1853) thaten nach dieser Rich-

---

Blut, Eiter, Fleischmacerationen, Bouillon, Milch, Sperma, Urin, Galle, Speichel, hydropische Bauchhöhlenflüssigkeit (Ascites) und Pflanzenabkochungen, — theils in die Vena jugularis, theils in das Unterhautzellgewebe, oder in die Brust- und Bauchhöhle. — B. Gaspard: Seconde mémoire physiologique et médical sur les maladies putrides. Ibidem 1824. Bd. IV. p. 1—63. Vervollständigung der früheren Versuche. Prüfung der Einwirkung verschiedener antiseptischer Substanzen auf die Giftigkeit putrider Stoffe, indem diese Substanzen 5 Minuten vor der Infection mit der Faulflüssigkeit gemischt wurden. — Wir finden hier also schon Versuche derselben Art, wie sie noch gegenwärtig üblich sind, und zwar mit einem grossen Aufwand von Material und einer mannigfaltigen Variation der Versuchsbedingungen.

[1]) Magendie: Quelques expériences sur les effets des substances en putréfaction. Journ. de Physiologie exper. et pathol. 1823. Bd. III. p. 81—88.

[2]) Ch. Sédillot: De l'infection purulente. Paris 1849.

[3]) R. Virchow: Embolie und Infection. Gesammelte Abhandlgn. 1857, S. 656 u. 659 (Die faulige Infection).

[4]) Stich: Die acute Wirkunng putrider Stoffe im Blute. Annalen der Charité. Bd. III. 1852. S. 192—250.

tung hin einen Schritt weiter und sprachen nach ihren Untersuchungen zuerst die Ueberzeugung aus, dass das putride Gift wie ein Ferment wirke, da dasselbe, schon in kleiner Menge in das Blut lebender Thiere gebracht, die charakteristischen Vergiftungserscheinungen hervorrufe und sich im Körper des erkrankten Thieres vermehre. Virchow fand ausserdem, abweichend von anderen Forschern, die Intensität der Vergiftungserscheinungen nicht abhängig von der in das Blut eingeführten Quantität der faulenden Substanz, sondern adäquat dem Grade der in derselben vor sich gegangenen Zersetzung. Welcher Art dieses „Ferment“ sei, liessen beide Forscher noch unentschieden; doch neigt Stich bereits zu der Auffassung hin, dass man unter der Bezeichnung „putride Infection“ wahrscheinlich keine Vergiftung im gewöhnlichen Sinne, sondern die Wirkung eines Gemisches von verschiedenen, durch die Fäulniss gebildeten giftigen Stoffen zu verstehen habe, einer Auffassung, welche heute von vielen Forschern getheilt wird.

Im Allgemeinen waren also die Kenntnisse bis zu diesem Zeitraum noch ziemlich dürftige. Man wusste wohl, dass bei der Fäulniss organischer Stoffe bestimmte giftige Substanzen gebildet werden, und kannte auch die Wirkungen, welche sie auf den lebenden thierischen Organismus ausüben; aber wie diese giftigen Substanzen beschaffen waren, blieb noch völlig in Dunkel gehüllt. Mit welcher Art von Stoffen man es beim Fäulnissgifte überhaupt zu thun habe, darüber gaben erst die Untersuchungen Panum's [1]) (1856) in bestimmter Weise Aufschluss, welche seitdem für die Frage von der Natur des septischen oder putriden Giftes von grundlegender Bedeutung geworden sind. Ursprünglich in dänischer Sprache geschrieben, war die Arbeit Panum's dem deutschen Publikum lange Zeit unbekannt geblieben. Erst durch ein deutsches Referat in den Schmidt'schen Jahrbüchern (1859) und durch eine von Panum selbst verfasste, neuerdings in Virchow's Archiv (1874) veröffentlichte Abhandlung [2]) fanden seine wichtigen Untersuchungen die allgemeine und wohlverdiente Beachtung. Panum gelang es, den exacten Nachweis zu führen, dass das putride Gift

[1]) Bibliothek for Läger. April 1856. p. 253—285 (dänisch). — Schmidt's Jahrb. für die gesammte Medicin. 1859. S. 213—217 (im Auszuge, deutsch).

[2]) P. L. Panum: Das putride Gift, die Bacterien, die putride Infection oder Intoxication und die Septicämie. Virchow's Archiv. Bd. 60. S. 328 bis 352. — 1874.

eine feste, im Wasser der Faulflüssigkeit lösliche und durch Alkohol fällbare chemische Substanz sei, welche man durch besondere Behandlungsweisen, wie früher angegeben, aus faulenden Fleischaufgüssen sogar extrahiren und isoliren könne (extractförmiges putrides Gift). Er zeigte ferner, dass diese Substanz mit den gewöhnlichen Fäulnissproducten nichts gemein habe, da ihre Wirkung verschieden ist von der Wirkung der bekannten, bei der Fäulniss auftretenden, namentlich stinkenden Stoffe, wie des kohlensauren, buttersauren und baldriansauren Ammoniaks, des Schwefelwasserstoffs und Schwefelammoniums, des Leucin und Tyrosin. Dieses specifische Gift ist endlich chemischer Natur, da es seine Wirksamkeit ungeschwächt beibehält, wenn die faulenden Stoffe Behandlungsweisen unterworfen werden, welche alles organische Leben (Micrococcen, Bacterien) in denselben nothwendigerweise vernichten, wie z. B. stundenlanges Kochen, Eindampfen, Behandeln mit absolutem Alkohol u. s. w.; mithin ist also auch, wie Panum hervorhebt, die deletäre Wirkung putrider Substanzen von dem Leben und der Gegenwart niederer Organismen in denselben unabhängig. Ob dieses Gift eine einfache chemische Verbindung oder vielleicht ein Complex von giftigen Stoffen sei, ähnlich dem Opium; ferner ob es wie ein Ferment im Blute lebender Thiere wirke oder wie andere chemische Gifte; endlich ob das Gift eine eiweissartige Substanz (Pepton) sei oder nicht — diese Fragen liess Panum vollkommen offen.

Die etwa acht Jahre später (1864) mitgetheilten Untersuchungen zweier deutscher Chirurgen, O. Weber[1]) und Th. Billroth[2]), brachten hinsichtlich der Pathologie der septischen Infection, sowie bezüglich der giftigen Wirkungen des Eiters manche neuen und interessanten Einzelheiten; sie wiesen im Besonderen zuerst bis zu einem gewissen Grade von Wahrscheinlichkeit nach, dass eine Reihe der beim Menschen auftretenden accidentellen Wundkrankheiten, namentlich das Wundfieber, auf der Resorption von Zersetzungsproducten der fäulnissfähigen Wundsecrete beruhe. Billroth zeigte weiter, dass jeder Eiter, selbst der frisch gebildete und vollkommen gutartig erscheinende, auch wenn er nicht von Pyämi-

[1]) O. Weber: Experimentelle Studien über Pyämie, Septicämie und Fieber. Deutsche Klinik 1864 No. 48—51 und 1865 No. 2—8.

[2]) Th. Billroth: Beobachtungsstudien über Wundfieber und accidentelle Wundkrankheiten. Archiv für klin. Chirurgie. 1865. Bd. VI. S. 372.

schen stammt und nicht deutlich putride ist, bereits deletäre, theils phlogogene, theils pyrogene Eigenschaften entfaltet. Seitdem hat sich die Ansicht von dem localen, resp. septischen Ursprunge des gewöhnlichen Wund- oder Eiterungsfiebers unter den Aerzten erhalten.

Schienen nun auch die Erfahrungen bezüglich der chemischen Natur der septisch giftigen Substanz durch die. Untersuchungen Panum's bis zu einem gewissen Grade vollkommen sichergestellt, so hatten doch einerseits diese Untersuchungen im Publikum wenig Beachtung gefunden, andererseits wurde die allgemeine Aufmerksamkeit von diesem Zeitpunkt an mehr auf einen anderen, bei der septischen Infection in Betracht kommenden Punkt gelenkt, nämlich auf die in den faulenden Flüssigkeiten regelmässig enthaltenen, microscopisch kleinen pflanzlichen Organismen (Micrococcen und Bacterien). Es drängte sich von nun an die Frage in den Vordergrund, welche Bedeutung diesen kleinsten lebenden Wesen bei der fauligen Vergiftung zuzuschreiben sei, ob sie im Stande wären, im Körper eines lebenden Thieres das für die putride Infection charakteristische Krankheitsbild zu erzeugen oder nicht. Die Zahl der Arbeiten, welche sich mit diesem Gegenstande beschäftigen, ist Legion.

Zunächst erschienen in München 1866 zwei preisgekrönte Schriften über das Gift faulender Substanzen von Hemmer und Schweninger. Hemmer [1]) bestätigt im Wesentlichen die von Panum erhaltenen Resultate hinsichtlich der chemischen Eigenschaften des Fäulnissgiftes. Er kommt aber in seinen Versuchen zu dem Ergebniss, dass das Gift ein Ferment sein müsse; denn seine Wirkung, sagt er, hängt nicht ab von der Quantität der faulenden Substanz; dieses Gift ist vielmehr schon in der kleinsten Menge wirksam, besitzt ferner, wie jedes andere Ferment, sein Incubationsstadium und ruft immer dieselben Krankheitserscheinungen hervor. Es handelt sich hier also um specifisches, fermentartig wirkendes Gift. Da nun nach Hemmer's Meinung Fermente stets eiweissartige Verbindungen sind, so schloss er aus obigen Ergebnissen, dass das septische Gift „ein eiweissartiger Körper“ sei, welcher sich, nach der damals von Liebig begründeten

---

[1]) M. Hemmer: Experimentelle Studien über die Wirkung faulender Stoffe auf den thierischen Organismus. Gekrönte Preisschrift. München 1866.



Anschauung, „im Umlagerungszustande“ befindet; dieser Körper ruft bei der Injection in lebende Thiere die Gärung (Fermentation) des Blutes hervor. Strenge bewiesen wurden jedoch diese Schlussfolgerungen bis heute nicht. Uebrigens schloss Hemmer lebende Organismen als Ursache der septischen Infection bestimmt aus. — Zu einem ganz ähnlichen Ergebniss gelangte auch Schweninger[1]). Die Resultate der einzelnen Arbeiten kann ich hier natürlich unmöglich des Genaueren wiedergeben, einmal weil uns das zu weit führen und vielfach Wiederholungen mit sich bringen würde, und zweitens weil die nackte Aufzählung der Versuchsergebnisse für die wissenschaftliche Frage keinen Werth und für den Leser kein Interesse hat. Mir kommt es hier vorläufig nur darauf an, in kurzen Zügen den allgemeinen Gang der Forschung und die historische Entwicklung der Lehre von der septischen Infection bis auf den heutigen Tag zu skizziren.

Seit dem Jahre 1866 erschien nun an der Dorpater Universität eine grosse Zahl von Arbeiten, grösstentheils in Form von Doctor-Dissertationen, welche auf Anregung und unter Leitung E. Bergmann's ausgeführt wurden und sich in der eingehendsten Weise mit der chemischen Natur des putriden Giftes beschäftigten. Es gehören hierher die Arbeiten von v. Raison, Frese, E. Weidenbaum, Schmitz, Petersen, A. Schmidt und H. v. Brehm[2]), welchen Arbeiten dann E. Berg-

---

[1]) F. Schweninger: Ueber die Wirkung fanlender organischer Substanzen auf den lebenden thierischen Organismus. Gekrönte Preisschrift. München 1866.

[2]) W. v. Raison: Experimentelle Beiträge zur Kenntniss der putriden Intoxication und des putriden Giftes. Diss. inaug. Dorpat 1866. (Enthält 36 Experimente an Pferden. Filtration durch Kohle. Ausfällung des Giftes aus Lösungen.)

Frese: Experimentelle Beiträge zur Aetiologie des Fiebers. Diss. inaug. Dorpat 1866. (Versuche über die pyrogenen Eigenschaften des putriden Giftes.)

E. Weidenbaum: Experimentelle Studien zur Isolirung des putriden Giftes. Diss. inaug. Dorpat 1867. (43 Experimente an Hunden und Katzen. Wirkung gekochter und eingedampfter Faulflüssigkeiten.)

Schmitz: Zur Lehre vom putriden Gift. Diss. inaug. Dorpat 1867. (73 Versuche an Hunden. Kochen, Eindampfen, Ausfällen des Giftes. Filtration durch Kohle und Diffusion.)

Petersen: Beiträge zur Kenntniss von dem Verhalten des putriden Giftes im faulenden Blute. Diss. inaug. Dorpat 1869. (Darstellung von Sepsin aus faulem Blut. Unterschiede in der Wirkung von Sepsin und Blut.)

A. Schmidt: Untersuchungen über das Sepsin. Diss. inaug. Dorpat 1869. (Darstellung aus Blut. Bestätigung der Angaben Bergmann's.)

H. v. Brehm: Zur Mycosis septica. Diss. inaug. Dorpat 1872. (Künst-

mann [1]) im Jahre 1866 eine Reihe eigener hinzufügte. Durch diese überaus fleissigen Untersuchungen wurden die chemischen Eigenschaften des in faulenden Stoffen gebildeten Giftes nach den verschiedensten Seiten hin sichergestellt und die Unabhängigkeit seiner Wirkung von dem Leben kleinster Fäulnissorganismen von Neuem auf das Unzweideutigste dargethan. Die einzelnen Ergebnisse, sofern sie für die principielle Frage von Belang sind, werden später in einem anderen Zusammenhange noch genauer erwähnt werden. Die wiederholt gemachten Versuche, dies septische Gift rein darzustellen und aus faulenden Stoffen zu isoliren, waren insofern von Erfolg gekrönt, als es zuerst Bergmann und Schmiedeberg [2]), wie bereits erwähnt, und nach ihnen Schmidt und Petersen gelang, einen intensiv giftigen, mit specifischen Eigenschaften begabten basischen Körper abzuscheiden, das schwefelsaure Sepsin. In dieselbe Zeit fallen auch die Untersuchungen von H. Fischer [3]) über die chemische Natur des im faulenden Eiter enthaltenen putriden Giftes, sowie die bereits früher erwähnte Darstellung eines „septischen Alkaloids" durch Zülzer und Sonnenschein [4]) aus putriden, mehrere Wochen alten Fleischmacerationen.

So sicher nun auch nach allen diesen mühevollen Arbeiten festzustehen schien, dass das durch Fäulniss in todten organischen Stoffen gebildete Gift im Wesentlichen chemischer Natur sei, so wusste sich doch ungeachtet dieser Resultate die gegenüberstehende parasitäre Theorie des septischen Giftes im letzten Decennium je länger desto mehr Geltung zu verschaffen. Namentlich haben die in den letzten Jahren mit Eifer betriebenen und erfolgreichen anatomisch-histologischen Untersuchungen der erkrankten Gewebe und Secrete nicht wenig dazu beigetragen, die Annahme, dass die Wirksamkeit faulender Substanzen von einem vitalen

liche Züchtung und reine Darstellung von Fäulnissbacterien. Keine specifische Wirkung derselben.)

[1]) E. Bergmann: Das putride Gift und die putride Intoxication. Bd. I. Heft 1. Dorpat 1868. — Zur Lehre von der putriden Intoxication. Deutsche Zeischr. f. Chirurgie. Bd. I. S. 376.

[2]) Centralbl. für die medicinischen Wissenschaften. 1868. S. 397.

[3]) H. Fischer: Zur Lehre von der Pyämie. Centralbl. für die medic. Wissensch. 1868. S. 653. (Chemische Bestandtheile des zersetzten Eiters. Wirksamkeit des Diffusats. Einfluss des Kochens.)

[4]) Zülzer und Sonnenschein: Ueber das Vorkommen eines Alkaloids in putriden Flüssigkeiten. Berliner klin. Wochenschr. 1869. S. 121.

Agens abhänge, zu bestärken. Es waren insbesondere die Untersuchungen von Klebs [1]) über das constante Vorkommen kleinster pflanzlicher Wesen (Microsporon septicum) im Eiter und den erkrankten Geweben bei Pyämie und Septicämie der Verwundeten, welche für die Begründung der parasitären Theorie den ersten sicheren Grund legten. Hieran schlossen sich die weiteren und grösstentheils bestätigenden Mittheilungen von J. Orth über das Vorkommen von Micrococcen bei Erysipel und Puerperalfieber, von Birch-Hirschfeld bei der Pyämie, von Eberth, Waldeyer, v. Recklinghausen, H. Heiberg und einigen Anderen über das Auftreten niederster pflanzlicher Organismen bei den verschiedensten septischen Erkrankungsformen des Menschen, bei diphtherischen, erysipelatösen und metastatischen Processen. Man fand Micrococcen theils im Eiter und anderen Krankheitsproducten, theils innerhalb der Blut- und Lymphgefässe, dieselben oft ganz von ihnen erfüllt, theils in den Saftkanälen und Spalträumen des erkrankten Bindegewebes und auch in verschiedenen anderen Organen der Leiche. Kurzum, das unterlag keinem Zweifel mehr, dass die Fäulnissorganismen (Micrococcen, Bacterien) einen constanten Begleiter der septischen Infection des Menschen bilden und in reichlichster Menge in den Leichen Pyämischer oder Septicämischer gefunden werden. Das erforderliche Substrat für die Annahme eines Parasitismus der septischen Infection war also damit gegeben.

Gestützt wurden diese anatomischen Beobachtungen noch durch zahlreiche Impf- und Injectionsversuche an Thieren theils mit organismenhaltigem Krankheitsmaterial (Eiter, Blut, Gewebstheile), theils mit künstlich daraus gezüchteten Fäulnissorganismen. Man erhielt auch dabei häufig wiederum sehr heftige, zum Theil tödtliche Krankheitserscheinungen und konnte in den erkrankten Organen des Versuchsthieres in der Regel wieder dieselben Organismen nachweisen; aber ob diese Krankheitserscheinungen der septischen Infection resp. der mütterlichen Erkrankung überhaupt ähnlich waren, ob sie ferner zu den injicirten Bacterien in irgend welcher ursächlichen Beziehung standen, wurde hierbei nicht immer genügend in Betracht gezogen. Beachtenswerth jedenfalls ist, dass

---

[1]) E. Klebs: Beiträge zur pathologischen Anatomie der Schusswunden. Leipzig 1872.

die Erfolge der Injectionen mit gezüchteten Bacterien ebenso häufig negativ d. h. schadlos waren, als sie schädlich gefunden wurden. Es ist nicht möglich, die überaus grosse Zahl von Versuchen dieser Richtung in einer historischen Uebersicht auch nur annähernd erschöpfend wiederzugeben; ich kann auch darauf hier um so mehr verzichten, als dieselben später bei der kritischen Besprechung der bisherigen Resultate eingehender Erwähnung finden werden. Vorweg möchte ich nur bemerken, dass die bei diesen Impfungen und Injectionen erhaltenen Resultate vielfach unter sich so wenig übereinstimmen und häufig auch in so wenig kritikvoller Weise für die vorliegende Frage verwerthet worden sind, dass ein endgültiger Beweis für die Identität des Fäulnissgiftes mit Fäulnissorganismen oder überhaupt für die parasitäre Schädlichkeit derselben in ihnen vor der Hand noch nicht erblickt werden kann.

Wie die Sache gegenwärtig liegt, so stehen sich beide Ansichten noch unversöhnt einander gegenüber; die eine, welche das giftige Princip in faulen Stoffen lediglich in den giftigen Producten der Fäulniss sucht und die dabei auftretenden kleinsten Organismen für accidentelle, unwesentliche Begleiter der Infection hält, und die andere, welche die giftige Wirkung faulender Substanzen von der Lebensthätigkeit und der Vermehrung der Fäulnissorganismen (Micrococcen, Bacterien) im inficirten Körper abhängig macht und die dabei wirksamen chemischen Gifte als Stoffwechselproducte derselben auffasst.

Dieses Dilemma, auf jeder Seite gestützt durch zahlreiche und zum Theil schwer wiegende Argumente, hat nun schon mehr als ein Decennium hindurch die wissenschaftliche Forschung beschäftigt. So manche junge und ungestüme Kraft, so mancher ältere und erprobte Forscher hat sich in emsigster Arbeit an diesem Problem versucht, ohne es zu lösen. Mehr als einmal wurden in erregten Debatten die Köpfe der Forscher zum lebhaftesten Streite erhitzt. In schriftlicher und mündlicher Verhandlung, mit Gründen der Beobachtung und der Kritik, mit guten und mit schlechten Waffen wurde bald für, bald wider die Feindseligkeit der Bacterien gekämpft; und wer die Geschichte dieser Forschung in den letzten zwölf Jahren aufmerksam verfolgt hat, wird sich das Urtheil nicht versagen können, dass die subjective Ueberzeugung einzelner For-

scher vielfach hat ersetzen müssen, was die objective Beweisführung vermissen liess.

Wenn man sich ein Urtheil über den augenblicklichen Stand dieser Frage bilden will, erscheint es vor allen Dingen erforderlich, dass man von dem Hypothetischen oder blos Vermutheten in den Argumenten abstrahirt und nur diejenigen Beweisstücke in den Kreis seiner Betrachtungen zieht, welche wirklich erwiesen und wissenschaftlich feststehend sind. Durch geschickte theoretische Erörterungen, angeknüpft an einige factische Beobachtungen, kann man wohl zweifelhafte und selbst unwahrscheinliche Dinge bis zu einem gewissen Grade wahrscheinlich machen; aber zu einem wirklichen Verständniss und zu einem befriedigenden Wissen führen uns dieselben nicht. Ein erheblicher Schritt vorwärts zur Lösung der schwebenden Fragen ist bereits gethan, wenn man sich daran gewöhnt hat, bei Vermeidung jeder Einseitigkeit alle in Betracht kommenden thatsächlichen Ergebnisse der Forschung, so sehr dieselben auch anfänglich einander zu widersprechen scheinen, einer unparteiischen und kritischen Prüfung zu unterziehen. In diesem Sinne werde ich in Folgendem eine genauere Darstellung der oben präcisirten Streitfrage versuchen.

Bevor ich indess auf die Erörterung derselben eingehe, will ich zunächst ein möglichst kurzes Bild von den Wirkungen geben, welche die septische Substanz in dem Körper des lebenden Versuchsthieres sowohl bei subcutaner, als auch bei intravenöser Application ausübt. Ich lege dieser Darstellung im Wesentlichen diejenige Schilderung des Krankheitsbildes zu Grunde, welche zuerst Gaspard in ausführlicher und völlig zutreffender Weise von der septischen oder putriden Infection gegeben hat, zugleich mit denjenigen Modificationen und Erweiterungen, welche ich selbst nach jahrelanger Beschäftigung mit diesen Dingen durch eigene Erfahrung gewonnen habe.

Bei der Injection einer Faulflüssigkeit, z. B. Blut, in die Gefässe lebender Thiere tritt gewöhnlich unter einleitendem Frost oder auch ohne solchen lebhafte Temperatursteigerung auf 39° bis 40° C. und erschwertes Athmen auf, nach kürzerer oder längerer Zeit auch Erbrechen und Durchfall, welcher später einen blutigen, dysenterischen Charakter annimmt. Bei grösserer Verdünnung der faulenden Substanz oder geringerer Dosis kann das Erbrechen fehlen; es tritt nur verminderte Fresslust und ein mässig heftiger

Durchfall ein, oft beschränkt auf weiche breiige Darmausleerungen. Die Thiere nehmen dabei an Körperkräften und Körpergewicht rapide ab, werden matt und hinfällig und zeigen nicht selten Zittern der Muskeln, selbst gesteigert bis zu Convulsionen. Unter sehr beschleunigter Athmung (Dyspnoe), Blauwerden der Ohren und Lippen (Cyanose), tiefster Erschöpfung des Thieres bis zum Umsinken und leichten Zuckungen tritt dann in der Regel der Tod ein. Der tödtliche Ausgang erfolgt innerhalb weniger Stunden bis zu einigen Tagen. Diese Krankheit, welche ohne alle örtliche Localisationen unter dem Bilde einer reinen Blutintoxication verlaufen kann und in gleicher Weise auch beim Menschen, z. B. bei Zersetzung der Wundsecrete oder Gangrän der Weichtheile, beobachtet wird, pflegt man als septische Blutvergiftung oder Septicämie (Septikaemie, Septichaemie) zu bezeichnen.

Bei der Section findet man ziemlich constant eine mehr oder weniger lebhafte Entzündung der Darmschleimhaut, letztere gewöhnlich besetzt mit zahlreichen Ecchymosen, ferner Anschwellung der folliculären und Peyer'schen Drüsenhaufen und in vielen Fällen Bluterguss auf die freie Oberfläche der Schleimhaut (Enteritis haemorrhagica). In milderen Fällen ist die Darmschleimhaut nur hyperämisch oder leicht entzündet, ja manchmal fast gar nicht macroscopisch verändert. Die inneren Organe werden je nach dem Grade der vor sich gegangenen postmortalen Zersetzung, die in septischen Cadavern sehr frühzeitig eintritt, weich und verfärbt gefunden, sind aber bei frühen Sectionen und bei reiner septischer Blutintoxication, wie besonders Virchow hervorhebt, ohne alle macroscopisch sichtbaren Veränderungen. Das Blut erscheint gewöhnlich dünnflüssig und lackfarben und nimmt nach einiger Zeit, unter Entwicklung übelriechender Gase, nicht selten eine theerartige Beschaffenheit an. Häufig sind ferner blutige Ecchymosen auf der Pleura, im Endocardium und auch anderen serösen Häuten, ferner Vermehrung bis deutlich blutige Färbung der Herzbeutel-, Brust- und Bauchhöhlenflüssigkeit, Anschwellung der Mesenterialdrüsen und Vergrösserung der Milz. Inconstant sind Hyperämie und selbst pneumonische Infiltration der Lungen. Beachtenswerth ist, dass die Leichen septisch vergifteter Thiere und Menschen sehr schnell in Fäulniss übergehen; man muss daher bei Sectionen nicht ganz frischer Cadaver sein besonderes Augenmerk darauf richten, Fäulnisserscheinungen von den Krankheitserscheinungen zu trennen.

Microscopisch findet man im Blute der Lebenden häufig gar keine Abweichung von dem Blut Gesunder; nur in schweren, hochfebrilen Fällen nimmt man Vermehrung der weissen Zellen und Zeichen von Auflösung der rothen Blutkörper, wie sie weiter unten beschrieben werden, wahr. Kleinste pflanzliche Organismen sind im Blute, wie alle guten Beobachter übereinstimmend betonen, mit Sicherheit nicht zu diagnosticiren, da sie stets vereinzelt auftreten und sich von anderen Körnchen und Stäbchen durch nichts unterscheiden lassen; alle in dieser Richtung gemachten positiven Angaben sind daher immer mit einigem Vorbehalt aufzunehmen.

Im Blute der Leichen findet man in der Regel bald mehr bald weniger deutlich die Zeichen septischer Zersetzung, nämlich Erweichung und Auflösung der rothen Blutkörper, Entfärbung des Stromas und gelbliche Färbung des Plasmas, ferner Vermehrung und Körnung der farblosen Zellen, auch regelmässig in mässiger Anzahl kleinste sich bewegende Fäulnissorganismen (Micrococcen, Bacterien), und endlich gewöhnlich Anschiessen von braunrothen, theils körnigen, theils rhomboëdrischen Blutkrystallen (Haematin) bei längerem Stehen des Präparats. Diese Krystalle sind namentlich bei gewissen Thierarten, z. B. den Meerschweinchen (M. Wolff), häufig. In inneren Organen findet man, namentlich in sehr acuten und innerhalb 24 Stunden tödtlich endenden Fällen, oft gar keine bemerkenswerthe Veränderung, höchstens eine schwache Trübung der Epithelien; in protrahirten Fällen dagegen bilden fettige Degeneration des Herzmuskels und parenchymatöse Entzündung (trübe Schwellung) der Milz, der Leber- und Nierenzellen, mit Ausgang in Fettdegeneration und molekulären Zerfall derselben, den fast regelmässigen Befund.

Das hier beschriebene Krankheitsbild und die dabei gefundenen anatomischen Läsionen sind von den späteren Forschern sehr abweichend beschrieben worden. Manche der von Gaspard als charakteristisch beschriebenen Symptome wurden von anderen Experimentatoren bei der septischen Infection vermisst, und andere Erscheinungen, welche Gaspard seinerseits nie gesehen oder nur für inconstante und unwesentliche Symptome hielt, wurden von Anderen als regelmässige und charakteristische Wirkungen beobachtet. Fast bei keinem der hervorragendsten Forscher auf diesem Gebiet, Sédillot, Virchow und Stich, Panum, Billroth, O. Weber, Bergmann u. a. wird das Bild der septischen oder

putriden Vergiftung vollkommen identisch mit demjenigen eines anderen beschrieben. Ravitsch [1]) hat die hauptsächlichsten Differenzen zwischen den einzelnen Forschern in der Einleitung zu seinem Buche folgendermassen übersichtlich zusammengestellt: „Wir sehen aus dieser kurzen Uebersicht, dass die Forscher über die Pathologie der putriden Infection, wie auch über das Wesen derselben in ihren Meinungen auseinandergehen. So nehmen die Einen Krämpfe und tetanische Anfälle als die wesentlichen Erscheinungen bei der putriden Infection (Hemmer, Schmidt, Petersen) an; Andere hingegen (Dupuis, Sédillot, Stich, Raison, Schmitz) haben diese gar nicht oder selten bei der putriden Infection gesehen. Selbst die Anwesenheit von Erbrechen und Durchfall, welche Erscheinungen der grösste Theil der Forscher als ein unzweifelhaftes, charakteristisches Merkmal der putriden Infection aufstellen, wird von einigen Forschern, sogar bei lethalen Fällen derselben geleugnet. Dasselbe lässt sich auch von den anatomisch-pathologischen Erscheinungen, welche durch die putride Infection hervorgerufen werden, sagen. So nehmen Gaspard, Leuret, Virchow, Panum, Stich, Hemmer, Bergmann und Andere die hämorrhagische Entzündung der Darmschleimhaut als das charakteristische Moment an, während Andere selbst in lethalen Fällen die Darmschleimhaut unverletzt fanden (Dupuis, Sédillot, Billroth, Raison und Schmidt). Viele halten die blutigen Ecchymosen in verschiedenen Organen als eine der putriden Vergiftung durchaus zukommende Erscheinung (Gaspard, Leuret, Virchow, Weber, Bergmann); Andere hingegen wollen dieselben selbst bei tödtlichen Fällen nicht gesehen haben. Dasselbe lässt sich von der Milz sagen. So hält Bergmann die Veränderungen derselben für ein constantes, pathognomisches Merkmal der putriden Infection, während Davaine gerade das Fehlen der Vergrösserung der Milz bei der putriden Vergiftung als ein differentielles Diagnosticum derselben von dem Milzbrande aufstellt."

Diese Verschiedenartigkeit der Beobachtungen hat zu vielfachen Streitigkeiten unter den Forschern Veranlassung gegeben und ist auch dem Fortschritt in der Erkenntniss der Ursache und des Wesens dieser Processe sehr hinderlich gewesen. Wer als Anfänger

---

[1]) J. Ravitsch: „Zur Lehre von der putriden Infection und deren Beziehung zum sogenannten Milzbrand." Berlin 1872. S. 26.

den Versuch macht, sich nach den Schilderungen dieser verschiedenen Autoren ein klares Bild von der septischen Vergiftung zu machen, wird bald in so viel Widersprüche verwickelt, dass es ihm geht wie dem fahrenden Schüler im Faust nach den geistreichen Expositionen des Mephistopheles.

Nachdem ich selbst mich lange Zeit hindurch experimentell mit diesem Gegenstande beschäftigt habe, glaube ich mit einigem Anspruch auf Wahrscheinlichkeit die Ursachen der oben genannten Verschiedenheiten auf den Umstand zurückführen zu müssen, dass die einzelnen Forscher zum grössten Theil unter ganz verschiedenen Bedingungen des Versuchs experimentirt haben. Das Krankheitsbild der localen und allgemeinen septischen Infection fällt nach meinen Erfahrungen sehr variabel aus, je nach der Beschaffenheit der faulenden Substanz, welche verwendet wird. Fleisch wirkt z. B. ganz anders als Blut, Blut wieder anders als Eiter, Eiter anders als Brandjauche u. s. w.; je nachdem also der eine Forscher vorzugsweise mit faulen Gewebsaufgüssen, der andere mit putridem Blut, der dritte mit Eiter oder menschlichen Leichenflüssigkeiten experimentirt, werden natürlich auch die erhaltenen Vergiftungserscheinungen, so gross ihre Aehnlichkeit im Ganzen auch sein mag, im Einzelnen aller Wahrscheinlichkeit nach variabel ausfallen. Es kommt hinzu, dass auch das Alter der faulenden Substanz auf den Grad ihrer Wirksamkeit von Einfluss ist; eine mehrere Wochen oder Monate alte Blutflüssigkeit, welche nur noch wenig stickstoffhaltige eiweissartige Substanz enthält, wirkt erfahrungsgemäss weit weniger deletär, als frisch faulendes Blut innerhalb der ersten oder zweiten Woche. Auch die Art der Application, ob subcutan, intravenös oder intraperitoneal, sowie etwa voraufgegangene Behandlungsweisen, als Filtriren, Verdünnen, Kochen, Behandeln mit Chemikalien u. s. w., können Verschiedenheiten in der Wirkung faulender Substanzen bedingen. Endlich fällt aber ganz besonders die Species und das Alter des Versuchsthieres in das Gewicht. In den vorliegenden Experimenten ist fast die ganze Reihe der Hausthiere, nicht blos Tauben, Hühner, Kaninchen, Hunde und Meerschweinchen, sondern selbst Schafe, Ziegen und Pferde, zur Infection verwendet worden; dass aber die einzelnen Thierspecies gegen ein und dasselbe Gift sich sehr verschieden verhalten können, lehren die Erfahrungen mit anderen toxischen Substanzen und ist auch namentlich für das

putride Gift von verschiedenen Forschern hervorgehoben worden. Selbst für eine der am häufigsten gebrauchten Thierarten, den Hund, fand Ravitsch [1]), dass „nicht alle dieser Gattung angehörenden Thiere in gleichem Grade für die putride Infection empfänglich sind."

Alle diese Einflüsse erklären hinreichend, warum die klinischen Symptome der septischen Infection nicht von allen Forschern übereinstimmend beschrieben worden sind. Bei so verschiedenartigen Patienten und so variablem Versuchsmaterial lassen sich vollkommen congruente Krankheitsbilder auch wohl kaum erwarten. Um zu einer vollständigen Einigung der Forscher in der Pathologie der septischen Infection zu gelangen, wäre nöthig, dass man unter gleichen Bedingungen experimentirte, d. h. dieselben putriden Substanzen und die gleiche Species des Versuchsthieres in Anwendung zöge. Ein solches Verfahren hätte auch für die Frage von der Natur des septischen Giftes, wie wir später sehen werden, einen entscheidenden Werth. So lange aber noch die Regellosigkeit und planlose Willkür in der Versuchsanordnung herrscht, wie sie bisher vielfach in derartigen Experimenten üblich war, wird an eine Verständigung der Forscher sowohl über das Wesen der Krankheit, wie über die Natur des inficirenden Stoffes nicht zu denken sein.

Etwas anders gestaltet sich das Krankheitsbild, wenn die putriden Stoffe, z. B. faulendes Muskelfleisch, faules Blut und Eiter, unter die Haut von Thieren gebracht oder direct auf Wunden aufgelegt werden. Hier gesellt sich zu der langsamer und weniger stürmisch auftretenden Allgemeinaffection stets eine heftige und je nach dem Grade der Wirksamkeit der putriden Substanz deletäre örtliche Reaction. Dieselbe äussert sich in einer intensiven, nicht selten fortschreitenden Entzündung der umliegenden Gewebe, entweder mit Ausgang in Eiterung, oder mit nachfolgendem Absterben (Necrose) der umliegenden Partieen und Eintritt fauliger Zersetzung (Gangrän) in denselben.

In den mildesten Formen örtlicher Vergiftung bildet sich an der Applicationsstelle eine mehr oder weniger lang dauernde phlegmonöse Entzündung aus, welche in Abscessbildung übergeht und dann nach einiger Zeit entweder auf dem gewöhn-

[1]) a. a. O. S. 54.



lichen Wege der Heilung in Genesung endet, oder in Folge der protrahirten Eiterung und des continuirlichen Fiebers durch Erschöpfung zum Tode des Individuums führt. Diese Form septischer Entzündung, die eitrige Zellgewebsentzündung oder die septische abscedirende Phlegmone (Phlegmone purulenta septica), gelangt am häufigsten zur Beobachtung bei der Einspritzung von zersetztem oder auch pyämischem Eiter[1]) unter die Haut von Thieren. Der in diesen Fällen nach aussen entleerte Abscesseiter kann sehr übelriechend und mit fauligen Gasen untermischt sein oder auch, namentlich bei der chronischen Eiterung, sich ganz wie gutartiger Eiter verhalten. —

In den meisten, schwereren Fällen trägt die reactive Entzündung von vornherein einen malignen Charakter. Es wird in diesen Fällen nur spärlicher oder fast gar kein Eiter gebildet, sondern das Unterhautzellgewebe durchtränkt sich mit einer wässerigen, meist blutig gefärbten Flüssigkeit und nimmt dadurch ein gequollenes, sulziges, blutig tingirtes Aussehen an. Diese Affection breitet sich gewöhnlich schnell auf die weitere Umgebung und die tieferen intermusculären Zellgewebsbündel aus, während die zuerst haemorrhagisch sulzig afficirten Zellgewebspartieen, sowie die darüber liegende Haut absterben und sich nun in einen stinkenden, jauchigen Brei verwandeln. Unter lebhaftem, bis zu 41° C. gesteigertem

[1]) Es ist mir bei meinen mannigfachen Infectionsversuchen an Thieren wiederholt aufgefallen, dass man mit pyämischem Eiter, d. h. dem Eiter von Verwundeten, welche an Pyämie gestorben sind, welchem man also a priori sehr intensiv giftige Eigenschaften beizumessen geneigt ist, bei der Einspritzung unter die Haut von Thieren (Hunden, Kaninchen) oft gar keine so deletären Wirkungen erhält, als man bei der Natur der ursprünglichen Krankheit (Pyämie, Eitervergiftung) gewöhnlich erwartet. Meist erhielt ich nur abscedirende Phlegmonen mit den oben geschilderten Ausgängen. Auch andere Experimentatoren, wie Billroth, O. Weber und M. Wolff, haben die gleiche Erfahrung gemacht. Es scheint mir dies darauf hinzudeuten, dass die Ursache der menschlichen „Pyämie" weniger in dem Vorhandensein eines specifischen Stoffes im Eiter zu suchen ist, als vielmehr in gewissen localen Verhältnissen der Wunde und der angrenzenden Weichtheile. Es sind dies Verhältnisse, welche Retention und Stagnation des Eiters begünstigen, die Resorption heterogener Stoffe aus demselben in Blut- und Lymphgefässe ermöglichen und dem Eiter auf diese Weise Gelegenheit geben, seine anerkannt pyrogenen und phlogogenen Eigenschaften auf die umliegenden Gewebe, als Bindegewebe, Muskeln, Nervenstämme und Nervenendigungen, Gefässscheiden, sowie Blut- und Lymphgefässwände (Thrombophlebitis und Thrombolymphangitis) in ausgesprochener Weise auszuüben. Ist es erst zur Bildung von Thromben innerhalb der entzündeten Venen und Lymphgefässe gekommen, so hat die Erklärung der Embolieen und der metastatischen Entzündungen, welche das Krankheitsbild der Pyämie in so hohem Grade charakterisiren, meines Erachtens keine Schwierigkeit mehr.

Fieber, unter schnellem Verfall der Kräfte und Abmagerung, unter Auftreten von Diarrhöen, Cyanose und gesteigerter Athmungsfrequenz — kurz unter dem Bilde der acuten septischen Allgemeinintoxication, geht dann das Thier in kurzer Zeit gewöhnlich zu Grunde. Diese Form der örtlichen Vergiftung (die maligne hämorrhagische Zellgewebsentzündung oder die putride, jauchige Phlegmone) wird am häufigsten bei subcutaner Einspritzung consistenteren faulenden Blutes beobachtet. —

Bei der dritten Form der Vergiftung endlich kommt es weder zur Eiterbildung, noch zur Exsudation; sondern die mit den putriden Stoffen in Berührung befindlichen Gewebe sterben unter der directen Einwirkung des septischen Giftes, meist ohne wahrnehmbare voraufgegangene Entzündungserscheinungen, unmittelbar ab und verwandeln sich in einen graubraunen, morschen und allmälig erweichenden Schorf (Brandschorf, Brandbrei — Pulpa), welcher, begünstigt durch die Wärme und Feuchtigkeit des thierischen Organismus, der Sitz intensiver Fäulniss wird. Diese Form der localen Affection, welche dem klinischen Bilde des Hospitalbrandes beim Menschen ausserordentlich ähnlich ist, pflegt man als diphtheritischen Gewebszerfall oder wohl besser als septische Gangrän (Gangraena septica) zu bezeichnen. Sie ist gewöhnlich von den schwersten Allgemeinerscheinungen begleitet (hohem Fieber, tiefer Abgeschlagenheit, Cyanose und schnellem Collaps); denn zu der Importation des Giftes von aussen gesellt sich hier die Fäulniss im Lebenden und die beständige Reproduction des septischen Giftes im Fäulnissherd. Wird nicht frühzeitig eine Trennung der faulenden Gewebe oder eine Vernichtung derselben bewirkt, wie sie therapeutisch beim Hospitalbrande durch das Glüheisen erfolgt, tritt unabweislich in kürzester Frist der Tod ein.

Diese Form der örtlichen septischen Infection lässt sich experimentell gewöhnlich leicht erzeugen, wenn man Hunden oder Kaninchen faulende Muskelstückchen unter die Haut bringt oder zwischen die lebenden Muskeln einklemmt oder auf frisch angelegte Wunden direct auflegt. Die feineren microscopischen Vorgänge bei dem septischen Brande, sowie die Ursachen desselben sind meines Wissens noch nicht näher untersucht worden. Anhänger der parasitären Theorie nehmen eine direct ertödtende Wirkung auf die Gewebe durch massenhaft eingewanderte und im Gewebe sich ver-

mehrende kleinste Organismen an; es stützt sich diese Erklärung auf die thatsächliche Beobachtung, dass man in den faulenden necrotisirten Gewebspartieen Fäulnissorganismen stets in reichlichster Zahl antrifft, namentlich nach dem Tode des Thieres. Aber ob hier die Parasiten die Ursache oder die Folge des Processes sind, ist natürlich durch diese Beobachtung allein nicht zu entscheiden. Ich selbst neige mich mit Anderen der Auffassung zu, dass es sich hier um die Einwirkung giftiger Fäulnissproducte in concentrirterer Form handelt, sei es, dass man sich diese Einwirkung als eine unmittelbar mortificirende denken will, nach Analogie der Mineralsäuren und gewisser Metallsalze, oder dass man ihre Wirkung zurückführt auf die Erregung einer specifischen Entzündung mit Bildung eines gerinnungsfähigen Exsudats, welches durch Coagulation innerhalb der lebenden Gewebe gewissermassen die Erstickung derselben herbeiführt (Coagulationsnecrose — Cohnheim). Im letzteren Falle wäre also der Vorgang ausserordentlich ähnlich demjenigen, welchen man heutzutage für die Diphtherie im engeren Sinne annimmt; die äussere Aehnlichkeit beider Processe ist unverkennbar und schon mehrfach von den Beobachtern hervorgehoben worden. —

Man darf nun nicht glauben, dass die oben geschilderten allgemeinen und örtlichen Vergiftungsbilder ohne Weiteres auf die Vorgänge beim Menschen übertragen werden können. Alle die bisher geschilderten Erscheinungen sind Beobachtungen an Thieren entnommen, und dass Thiere sich gegenüber der Einwirkung von Giften oder anderen unbekannten Noxen in mancher Beziehung anders verhalten, als Menschen, ist aus den Erfahrungen der experimentellen Toxicologie und Pharmacologie hinlänglich bekannt. Gelingt es doch beispielsweise niemals, an unseren gewöhnlich zu Versuchszwecken benutzten Hausthieren Abdominaltyphus oder asiatische Cholera zu erzeugen, und ist es doch selbst von einer unzweifelhaft septischen Infectionskrankheit, nämlich der menschlichen Pyämie, bisher noch nicht möglich gewesen, das Krankheitsbild derselben bei Thieren künstlich hervorzurufen [1]. Wir werden

[1] Dagegen scheint Pyämie als natürliche Krankheit bei den Thieren vorzukommen. Nach einigen neueren Mittheilungen von Bollinger ist die sogenannte „Fohlenlähme" und „Kälberlähme", eine mit metastatischen Eiterungen verbundene, meist tödtlich verlaufende Krankheit neugeborener Stallthiere, pathologisch-anatomisch ein entschieden pyämischer Process. Er bezeichnet als die Ursache derselben eine von Jaucheinfection herrührende

daher alle unsere an Versuchsthieren gewonnenen pathologischen Erfahrungen immer nur mit einer gewissen Reserve auf die menschliche Pathologie übertragen dürfen. Gehört nun auch gerade die septische oder putride Infection zu denjenigen Processen, für welche die Disposition sowohl beim Menschen wie bei den Säugethieren eine nahezu gleiche und allgemeine zu sein scheint, so bestehen doch hier ebenfalls gewisse Unterschiede, auf welche ich kurz aufmerksam machen möchte.

Zunächst ist hervorzuheben, dass die geschilderten drei Formen der örtlichen septischen Vergiftung in dieser Vollständigkeit und dieser Ausdehnung beim Menschen gewöhnlich gar nicht vorkommen. Sie sind eben an Thieren künstlich hervorgerufen, und zwar unter Bedingungen, welche beim Menschen wohl nur selten sich finden. Ein tagelanges Verweilen umfangreicher faulender Gewebe und Flüssigkeiten im Unterhautzellgewebe oder zwischen den Muskeln gehört jedenfalls zu den seltensten Vorkommnissen und bildet, wo es vorkommt, fast stets den Gegenstand eines sofortigen therapeutischen Einschreitens. Daher sehen wir auch so schwere jauchige Phlegmonen und ausgedehnte diphtherische Processe, wie wir sie an Thieren so leicht künstlich erzeugen, kaum beim Menschen aus septischen Ursachen auftreten. Fast alle Formen örtlicher Infection schliessen sich hier an Verletzungen an, insbesondere an eiternde Wunden, an Quetschungen und andere Mortificationen der Weichtheile (Gangrän), welche Gegenstand ärztlicher Behandlung werden; hier bilden aber Erysipelas, Lymphangitis, höchstens phlegmonöse Entzündung der Umgebung fast die einzigen septischen Localerkrankungen. Schwerere örtliche Affectionen sind meistens schon durch die Behandlung ausgeschlossen oder werden doch durch dieselbe in ihrem Verlauf wesentlich modificirt. Erysipelas und Lymphangitis werden andererseits bei Thieren wieder äusserst selten beobachtet und sind auch kaum mit voller Prägnanz künstlich zu erzeugen. Den nach subcutaner Eiterinjection auftretenden phlegmonösen Abscessen sind einigermassen analog die als eine häufige Complication der Wunden be-

---

eitrige (septische) Thrombophlebitis der Vena umbilicalis und beschreibt mit der Pyämie ziemlich übereinstimmende Sectionsbefunde. (Vergl. O. Bollinger: „Zur Aetiologie der Fohlenlähme". Virchow's Archiv 1873. Bd. 58. S. 329; und „Zur Aetiologie der Kälberlähme etc." Dtsch. Zeitschr. f. Thiermedicin u. vergl. Pathologie. Bd. I. S. 50.)



kannten Senkungs- oder Congestionsabscesse, deren Entstehung man gleichfalls auf die Fortleitung phlogogenen Eiters von der Wunde aus zurückführt. Auch haben, wie bereits angedeutet, die Diphtherie und der Hospitalbrand des Menschen mit der septischen Gangrän unverkennbar eine grosse Aehnlichkeit; jedoch hat die Art ihrer Entstehung sehr wenig Uebereinstimmendes, und wenn auch für jene beiden Infectionskrankheiten der Zusammenhang mit septischen Zersetzungsprocessen vielfach vermuthet und behauptet wird, so ist doch ein solcher Zusammenhang bis jetzt nicht evident und überhaupt der Annahme eines specifischen Infectionsstoffes gegenüber zweifelhaft.

Eine viel grössere Aehnlichkeit, als zwischen den beiderseitigen Formen der örtlichen Infection, besteht zwischen der septischen Allgemeinintoxication (Septicämie oder Septhämie) des Menschen und der Thiere; nur scheinen hier die Gradationen in der Intensität des Vergiftungsbildes weit mannigfaltiger zu sein, als wir sie gewöhnlich am Thiere beobachten.

Den Grund hierfür möchte ich in dem Umstande suchen, dass, während wir bei Thieren gewöhnlich mit bestimmten und je nach der Giftigkeit variirten Dosen der Faulflüssigkeiten zu experimentiren pflegen, die Resorption der septischen Flüssigkeiten, in welcher wir doch immer die letzte Ursache des Auftretens septischer Wundkrankheiten erblicken müssen, je nach der Ausdehnung der resorbirenden Fläche und der Grösse der Verwundung erheblichen Schwankungen unterworfen ist. Unzweifelhaft sind hierbei auch die anatomischen Verhältnisse des erkrankten Organs, die grössere oder geringere Disposition der angrenzenden gesunden Gewebe für die Aufsaugung flüssiger Stoffe vom Erkrankungsherd und endlich auch die Individualität der Patienten von sehr wesentlichem Einfluss. Endlich muss für die Variation des Krankheitsbildes beim Menschen in Betracht gezogen werden, dass es sich hier keineswegs immer, wie bei unseren Thierexperimenten, um die Resorption ausschliesslich fauler (putrider) Flüssigkeiten handelt; sondern sehr häufig sind es einfach entzündliche, frisch gebildete, noch nicht deutlich faulig zersetzte Krankheitsproducte, wie z. B. frischer Wund- und Abscesseiter oder die serösen Exsudationen aus entzündeten Geweben, welche überwiegend Entzündungproducte, aber noch wenig oder gar keine Fäulnissproducte enthalten. Dass aber solche, noch unzersetzte Entzündungsproducte für den Orga-

nismus bereits heterologe Stoffe sind und bei der Rückkehr in die Circulation Fieber (phlogistisches Fieber) und andere Störungen des Allgemeinbefindens veranlassen, lehren einestheils die Beobachtungen bei schweren, nicht septischen Entzündungen (Phlegmone, Pneumonie), anderntheils die directen Versuche Billroth's. Wir sprechen hier aber nach dem neueren Standpunkt gewöhnlich schon von septischem Fieber, obwohl wir uns bewusst sind, dass neben gewissen septischen Stoffen unzweifelhaft auch phlogistische Stoffe an der Allgemeininfection betheiligt sind.

Septische Infection (septisches Fieber, Septhämie) gelangt verhältnissmässig rein zur Beobachtung eigentlich nur bei den gangränösen und jauchigen Processen, z. B. beim feuchten Brande der Weichtheile aus nicht traumatischen Ursachen, bei Gangrän der Lungen und putrider Bronchitis, bei der Fäulniss brandig abgestorbener Granulationen (Hospitalbrand) in bis dahin gut secernirenden Wunden und bei der Fäulniss zwischen die Weichtheile eingeklemmter, abgekapselter Blutextravasate und Wundsecrete (Eiter). In der Mehrzahl der anderen Fälle dagegen, z. B. in der jauchigen Gangrän, welche sich zu schweren Phlegmonen hinzugesellt, bei den Abscessen mit putrider Absonderung und bei den meisten traumatischen, mit Eiterung verbundenen Affectionen, welche mit einem fieberhaften Allgemeinleiden einhergehen, kann eine Mitwirkung von entzündlichen Producten jedenfalls nicht ausgeschlossen werden. Zwischen dem reinen Entzündungsfieber, wie wir es bei der subcutanen phlegmonösen Abscedirung beobachten, und der reinen Septicämie, welche die Fäulniss abgestorbener Gewebstheile begleitet, liegt also noch ein weites Feld von Combinationen und Uebergängen, welches uns in seiner ganzen Mannigfaltigkeit entgegentritt bei den verschiedenen, die Wundheilung begleitenden febrilen Störungen.

Das, was wir hier gewöhnlich als „Wundfieber“ zu bezeichnen pflegen, ist meines Erachtens gar keine einheitliche, ätiologisch bestimmte Fieberform, sondern die Wirkung der Aufnahme von sehr verschiedenartigen, theils phlogistischen, theils septischen Stoffen von der Wunde aus. Die ausserordentlich mannigfaltigen Schwankungen, welche das Wundfieber nach Intensität, Dauer und Malignität in den verschiedenen Fällen von Wundheilung zeigt, lassen sich schwerlich blos auf Schwankungen in der Menge der aufgesogenen Stoffe beziehen, sondern wohl nur aus gleichzeitigen

Aenderungen in der Zusammensetzung dieser Flüssigkeiten erklären [1]).

Wenn nun auch in den meisten, insbesondere den leichten Fällen von Wundfieber die phlogistische Infection von der septischen Infection nicht zu trennen sein wird, so ist doch in den schwereren Formen desselben der vorwiegend septische Charakter unverkennbar. Es erhellt dies namentlich aus einer Reihe von Erscheinungen, welche auf die Wirkung specifischer, toxischer Stoffe hindeuten und sich von den bei einfachen Entzündungen beobachteten Allgemeinerscheinungen wesentlich unterscheiden. A. Genzmer und R. Volkmann [2]) haben kürzlich von dieser Fieberform eine zutreffende und prägnante Schilderung gegeben, welche ich hier wörtlich folgen lasse. Charakteristisch für das „septische Fieber" sind nach ihnen vor Allem die allgemeinen Intoxicationserscheinungen. „Das wichtigste Symptom ist die toxische Wirkung der aufgenommenen Stoffe auf die Nervencentra. Aus ihr resultirt ausschliesslich oder doch ganz vorwiegend das Gefühl des Krankseins überhaupt, die Benommenheit des Sensoriums, die wir bei schwerer Septicämie bis zum Sopor sich

---

[1]) Allerdings hat man sich in neuerer Zeit, gestützt auf die Erfolge der Lister'schen antiseptischen Wundbehandlung, vielfach daran gewöhnt, das Wundfieber ausschliesslich als ein septisches Fieber, ja gewissermassen schon als eine mildere Form von Septicämie zu betrachten. Diese Auffassung scheint mir jedoch in dieser Ausdehnung nicht vollkommen zutreffend zu sein. Durch die Lister'sche Wundbehandlung wird eben nicht blos Fieber, sondern auch Eiterung hintangehalten; und mit dem Eintritt der Eiterung pflegt auch das Fieber wieder zu erscheinen. Der Eiter ist aber ein Entzündungsproduct und wird, nach unseren gegenwärtigen Anschauungen, kaum anders als durch den Ablauf entzündlicher Vorgänge im gefässführenden Gewebe gebildet. Wenn man nun auch zugeben muss, dass die Ursache der Wundeiterung immer in dem Hinzutritt gewisser Schädlichkeiten (Fermente, Staub) von aussen zur Wunde zu suchen ist, ja dass möglicherweise derselben stets ein gewisser Grad septischer Zersetzung voraufgegangen sein muss, so ist doch andererseits nicht zu verkennen, dass mit dem Eintritt der Eiterung nunmehr Entzündungsproducte auf die Wunde abgesetzt werden. So sicher aber, als der subcutan secernirte, acut entzündliche Eiter eines phlegmonösen Abscesses bei der Injection in gesunde Thiere wieder Fieber erzeugt, eben so sicher wird man auch dem von der Oberfläche einer Wunde abgesonderten frischen Eiter eine ursächliche Beziehung zu dem etwa vorhandenen Fieber zuschreiben dürfen. Diejenigen Fälle von Wundfieber, welche eine ausgedehnte, aber vollkommen gutartige Wundeiterung in der Regel begleiten, lassen sich meines Erachtens fast nur durch die Annahme pyrogen wirkender Entzündungsproducte erklären.

[2]) A. Genzmer und R. Volkmann: Ueber septisches und aseptisches Wundfieber. Sammlung klinischer Vorträge. Leipzig 1877. No. 121. S. 7.

steigern sehen; die Somnolenz oder Apathie in anderen Fällen; die Unfähigkeit, sich geistig anzustrengen; die Hallucinationen; der förmlich rauschartige Zustand, der zuweilen eintritt; die Prostration der Kräfte, die ja bei solchem Wundfieber bis zur äussersten Schwäche gehen kann, und mehr oder minder direct das Darniederliegen der Function des Verdauungsapparates und der secernirenden Drüsen, von denen wieder das geringe Nahrungsbedürfniss als das hauptsächlichte klinische Symptom abhängt."

Alle diese Erscheinungen werden beim einfachen Entzündungsfieber in der Regel nicht beobachtet; sie lassen sich nur aus der narcotischen Wirkung specifisch giftiger Fäulnissproducte erklären, welche von den Wundsecreten aus in die Säftemasse des Körpers aufgenommen werden. Die nervösen Symptome treten daher ganz ausgesprochen in den Vordergrund bei der echten, schweren und meist tödtlich verlaufenden Septicaemie des Menschen. Um uns das klinische Bild dieser Krankheit zu vergegenwärtigen, wollen wir uns das Beispiel eines Falles dieser Art aus der Klinik in das Gedächtniss zurückrufen.

Denken wir uns einen Mann mit einer complicirten Fractur des rechten Vorderarms und starker Quetschung resp. Zerreissung der Weichtheile in Folge einer Maschinenverletzung. Zwischen die zerrissenen Muskeln und die Knochensplitter sind überall Blutgerinnsel eingeschlossen; die anfänglich starke Gefässblutung ist zum Stehen gebracht; dringende Indicationen zu einer Amputation liegen nicht vor. Der verletzte Arm wird daher conservirend behandelt, d. h. nach vorsichtiger Reinigung und Ausspülung der Wunde mit einem antiseptischen Verbande bedeckt und vorläufig in eine gepolsterte Hohlschiene gelegt. — In den ersten Tagen nach der Verletzung geht Alles gut; der Kranke befindet sich leidlich wohl, hat wenig Schmerzen und nur mässiges Fieber. Die reactive Schwellung im verletzten Arm ist nicht sehr erheblich, und in der Wunde sondert sich vom zweiten Tage an eine mässige Menge eines dünnflüssigen, stark blutig gefärbten Eiters ab. Das Wundfieber schwankt zwischen 38,5 und 39,3° C. — Plötzlich am Ende des fünften Tages bekommt der Patient leichte Horripilationen und Frost. Die eine Stunde später vorgenommene Messung ergiebt eine Temperatur von 40,2° C. Die Haut fühlt sich trocken und heiss an; der Kranke klagt über leichte Eingenommenheit des Kopfes oder auch wohl Kopfweh, fühlt sich sonst aber noch relativ

wohl und schmerzfrei. Nach einer fast schlaflosen, durch unruhige Träume gestörten Nacht finden wir am nächsten Morgen den Zustand des Patienten wenig verändert. Die Haut ist heiss und trocken, der Gesichtsausdruck etwas benommen, wie übernächtigt, die Zunge mässig belegt und trocken. Stuhlgang ist nicht vorhanden, der Harn spärlich und hochgestellt; Temperatur 40,1° C., Puls 96. An der Wunde fällt nur ein schlaffes Aussehen der Granulationen und eine dünn-eiterige, chocoladenfarbene, eigenthümlich dumpfig riechende Absonderung auf. Die Wunde wird von neuem durch Irrigation gereinigt und wieder in der üblichen Weise verbunden.

Diesen Zeitpunkt kann man ungefähr als den kritischen in dem Heilungsverlauf bezeichnen. Gelingt es nämlich, den gewöhnlich versteckten Jaucheherd in Form von zersetzten Blutextravasaten, Eiterrecessen oder faulenden Gewebstrümmern aufzufinden und für den Organismus unschädlich zu machen, so kann noch sehr wohl ein Nachlass der Erscheinungen und die allmälige Rückbildung zur Norm eintreten. In der Mehrzahl der Fälle dagegen gelingt dies nicht; die Intoxication steigert sich von Stunde zu Stunde und erhebt die Symptome zu einer bedrohlichen Höhe. Schon am Abend finden wir die Temperatur bis auf 41° C. und darüber erhöht, die Haut brennend heiss und die Gesichtszüge bleich, verfallen und mit einem apathischen, somnolenten Gesichtsausdruck behaftet. Der Kranke liegt ruhig und theilnahmlos da, halucinirt bisweilen und giebt auf Befragen nur zögernd, wie aus dem Traume erwachend, Antwort. Der kleine, frequente, fadenförmige Puls hat 112 Schläge, die oberflächliche Respiration eine Frequenz von 28 Athemzügen. Der Kranke hat am Tage nur wenig flüssige Nahrung zu sich genommen, dagegen mehrfach Widerwillen gegen dargebotene Speisen geäussert; die Zunge ist trocken und grauweiss belegt, Stuhlgang im Laufe des Tages ein Mal erfolgt und von breiiger Consistenz. Die Absonderung an der Wunde ist am Abend spärlich, missfarben und jetzt deutlich übelriechend geworden. — Nach weiteren 14 Stunden, also am nächsten (zweiten) Morgen, macht der Patient bei flüchtiger Betrachtung einen vollständig typhösen Eindruck. Die Gesichtszüge sind blass und spitz, der Blick starr und der Mund halb geöffnet. Er hat in der Nacht heftig delirirt und sich zuweilen unruhig hin und her geworfen; gegen Morgen ist er ruhiger geworden, liegt

soporös da und befindet sich seitdem in einem bewusstlosen Zustande. Die Temperatur 40,8° C., der Puls kaum noch deutlich zu zählen, der Urin sehr spärlich und dunkel saturirt.

Von nun an gehen die Erscheinungen gewöhnlich rapide ihrem Ende zu. Der Kranke versinkt in ein tiefes Coma, aus welchem er nicht wieder zum Bewusstsein erwacht, und lässt Stuhlgänge und Harn unter sich. Die Extremitäten werden kühl, die Lippen und Ohren cyanotisch. Die Temperatur sinkt stetig von 41° C. auf 39—38—37° C. und geht sub finem vitae nicht selten bis 36 und 35° C. hinab. Der Puls wird unregelmässig und aussetzend. Unter tiefster Prostration der Kräfte, lebhaft cyanotischer Verfärbung der Haut und leichten Zuckungen der Musculatur erfolgt dann sehr bald der Tod.

Bei der Section findet man, ähnlich wie bei den acut vergifteten Thieren, in den inneren Organen meist gar keine auffälligen Veränderungen; am häufigsten werden noch Hyperämie und Catarrh der Darmschleimhaut, mit oder ohne Schwellung der Follikel, ferner starke Füllung der Unterleibsvenen, auch wohl kleine punktförmige Ecchymosen auf den serösen Häuten und Schwellung der Milz beobachtet. Das Blut ist, wie bei den Thieren, meist von flüssiger Beschaffenheit und dunkler bis theerartig schwärzlicher Farbe. Nur im Bereich der Verletzung findet man gewöhnlich in grösserer oder geringerer Entfernung von der Wunde einen oder mehrere jauchige Herde, in Gestalt von faulig zersetzten Blutextravasaten oder verhaltenen Eitermassen, die zwischen Knochensplitter, Muskelgruppen, Fascien oder entzündlich geschwollenes und infiltrirtes Bindegewebe eingeschlossen sind. Microscopisch zeigen sich in diesen Herden, sowie auch in dem übelriechenden Secret auf der Wunde zahlreiche Fäulnissorganismen (Micrococcen, Bacterien etc.), vereinzelt oder zu Gruppen vereinigt, und theilweise in oscillirender Bewegung; auch in anderen Organen der Leiche, z. B. Milz, Nieren und im Blute, können kleinste Organismen gefunden werden, doch selten in grösserer Anzahl und meist vereinzelt. Hier ist wohl die Annahme einer erst postmortalen Entwickelung gerechtfertigt; wenigstens sind die Parasiten stets um so reichlicher in der Leiche nachweisbar, je längere Zeit seit dem Tode verstrichen ist. Im Blute sieht man sonst in der Regel dieselben morphologischen Veränderungen, wie sie bei Thieren beschrieben worden sind, nämlich Vermehrung der farblosen Zellen,

Abnahme der Zahl der rothen, gelbliche Färbung des Plasmas, Auftreten freier Kerne und Anschiessen von Blutkrystallen beim längeren Stehen des Präparats. Ziemlich regelmässig findet man ausserdem je nach der Dauer der Krankheit vorgeschrittene Stadien von trüber Schwellung der Leber- und Nierenzellen, wie sie auch bei anderen Infectionskrankheiten beobachtet werden.

Im Grossen und Ganzen zeigt also das Bild der Septicämie beim Menschen mit demjenigen bei Thieren eine unverkennbare Aehnlichkeit; nur in den nervösen Symptomen unterscheidet sich das Krankheitsbild beider scheinbar von einander.

In dieser Beziehung ist aber daran zu erinnern, dass wir nervöse Symptome von Seiten des Centralnervensystems, als Benommenheit, Hallucinationen, Sopor und Delirien, bei den geistig viel weniger entwickelten Versuchsthieren in der Regel nur schwer wahrnehmen. Wer aber aufmerksam das Krankheitsbild bei putride vergifteten Thieren beobachtet, dem wird nicht entgehen, dass auch bei ihnen unzweifelhaft etwas Aehnliches besteht. Hunde z. B. erkennen ihren Herrn nicht mehr, taumeln beim Aufstehen und legen sich wie betäubt in eine Ecke. Kaninchen sitzen still und theilnahmlos da, zeigen nichts mehr von ihrer ursprünglichen Aengstlichkeit, reagiren auf Klopfen und andere Reize nur sehr schwach und lassen sich in Fällen schwerer Intoxication nicht selten willenlos auf die Seite legen, ohne den Versuch zu machen, wieder aufzustehen. Ganz ähnliche Wahrnehmungen theilt Ravitsch[1]) mit, dessen Versuche ich wegen ihrer Mannigfaltigkeit und Genauigkeit in den Beobachtungen für besonders werthvoll halte. Er bezeichnet als eine ganz „constante Erscheinung der putriden Infection“ sowohl bei den Schafen, als namentlich bei den Hunden ausgesprochene Depression der Centra des Bewusstseins und der Empfindlichkeit. Die Schafe zeigten sich nach der Injection von Faulflüssigkeiten missgestimmt, knirschten mit den Zähnen, liessen den Kopf hängen und ächzten; die Hunde wurden regelmässig sehr niedergeschlagen und missgestimmt, zeigten abgestumpfte Empfindlichkeit und verfielen nicht selten in einen tiefen Schlaf oder in einen rauschartigen, comatösen Zustand.

[1]) J. Ravitsch: Zur Lehre von der putriden Infection. (Experimentelle und microscopische Untersuchungen.) Berlin, 1872. — Im Ganzen 125 Versuche an Kaninchen, Schafen und Hunden, mit genauer Angabe des Krankheitsverlaufs, der Sectionsergebnisse und der microscopischen Befunde.

Kurzum, wir können auch hinsichtlich der nervösen Intoxicationserscheinungen unbedenklich eine volle Uebereinstimmung zwischen der Septicämie des Menschen und der Thiere annehmen.

Ein anderer Unterschied aber besteht bezüglich der Constanz der beiderseitigen Krankheitserscheinungen. Wir hatten früher bereits erwähnt, dass die Symptome der septischen Infection bei Thieren von den einzelnen Forschern verschieden angegeben sind; demgegenüber sehen wir, dass dieselben beim Menschen im Allgemeinen ziemlich übereinstimmend sind und nur Abstufungen hinsichtlich der Schwere der Intoxication zeigen. Dies erklärt sich mit Leichtigkeit aus dem Umstande, dass auch die Stoffe, welche beim Menschen zum Auftreten septischer Processe führen, hinsichtlich ihrer chemischen Constitution eine viel grössere Gleichartigkeit zeigen, als diejenigen Faulflüssigkeiten, welche zu den Thierexperimenten verwendet wurden. Beim Menschen ist es fast ausschliesslich Blut und Eiter, entweder für sich allein oder in Verbindung mit mortificirten Geweben, welche faulige Infection veranlassen. Die Experimente an Thieren dagegen wurden mit den verschiedensten septischen Stoffen angestellt, ausser mit Blut und Eiter auch mit faulenden Muskelaufgüssen, Fleischmacerationen, gefaulter Bouillon, drüsigen oder bindegewebigen Theilen von menschlichen Leichen, Eiweisslösungen, Harn, faulender Bierhefe und dergleichen. Und dass alle diese Substanzen, je nach ihrem Gehalt an eiweissartigen Verbindungen und anderen Proteinsubstanzen, je nach ihrer chemischen Zusammensetzung und ihrer Concentration, trotzdem sie insgesammt „faul“ sind, ganz verschiedenartige Wirkungen ausüben werden, liegt auf der Hand. In der That erhält man, wenn man nur mit faulendem Blut oder Eiter experimentirt und nur dieselbe Species von Thieren, z. B. Hunde, benutzt, fast immer genau dieselben Erscheinungen der septischen Infection. Nur hat man bei allen diesen Versuchen noch einen anderen, vielfach vernachlässigten Factor zu berücksichtigen, nämlich das Alter der Faulflüssigkeit.

Während man a priori geneigt ist, die Giftigkeit faulender Substanzen in ein gerades Verhältniss zur Höhe der Putrescenz derselben zu setzen und dieselbe für die giftigste zu halten, wenn sie am heftigsten stinken, haben die nach dieser Richtung hin vorgenommenen vergleichenden Untersuchungen das anscheinend paradoxe Resultat ergeben, dass der Grad der Giftigkeit putrider

Stoffe durchaus nicht immer dem Grade der Putrescenz entspricht, sondern häufig gerade ein umgekehrtes Verhältniss zeigt. Vom Eiter beispielsweise war es schon lange bekannt, dass er zu den schwersten septischen (pyämischen) Affectionen bei Verwundeten führen kann, auch wenn in demselben noch kein deutlicher Fäulnissgeruch und kein Zeichen eigentlich putrider Zersetzung wahrnehmbar ist. In dem Eiter der Wunden mit tödtlich verlaufender Pyämie haben die Chirurgen schon immer vergeblich nach Symptomen fauliger Zersetzung gesucht.

Diese Erfahrung ist auch durch die Experimente an Thieren hinlänglich bestätigt worden. Billroth [1]) zeigte, dass der noch relativ frisch gebildete Wund- und Abscesseiter, „auch wenn er nicht putride ist, sondern sich ganz als pus bonum et laudabile verhält," bei der Einspritzung in die Venen die heftigsten entzündlichen und fieberhaften Erscheinungen mit tödtlichem Ausgange hervorzurufen im Stande ist. H. Fischer [2]) wies weiterhin nach, dass der Eiter, welcher anfänglich intensiv giftig wirkte, mit fortschreitender Fäulniss nicht blos seine specifischen, sondern auch seine septischen Eigenschaften verliert. Auch sieht man bekanntlich fast täglich auf chirurgischen Abtheilungen gewisse accidentelle Erkrankungen, die man auf septische Zersetzungen im Eiter zurückzuführen geneigt ist, wie Lymphangitis, Erysipel und metastatische Entzündungen, von eiternden Wunden aus entstehen, ohne dass die Wundsecrete übel zu riechen brauchen. Ebenso hat Bergmann in zahlreichen Versuchen die Erfahrung gemacht, dass faulendes Blut seine giftigsten Wirkungen innerhalb der ersten 4—6 Tage zeigt, also in einer relativ sehr frühen Periode der Fäulniss, in welcher die Putrescenz noch lange nicht ihren Höhepunkt erreicht hat, mit fortschreitender Fäulniss dagegen an Giftigkeit abnimmt. Ich selbst habe vielfach beobachtet, dass dasselbe Blut von menschlichen Leichen, welches etwa am 4. oder 5. Tage der Fäulniss kräftige ausgewachsene Kaninchen schon in der Dosis von 10 Tropfen, mit Wasser vermengt, unter schweren septischen Erscheinungen innerhalb weniger Tage tödtete, die gleiche Wirkung

---

[1]) Th. Billroth und E. Hufschmidt: Beobachtungsstudien über Wundfieber und accidentelle Wundkrankheiten. Archiv für klin. Chirurgie. Bd. VI. S. 462.

[2]) H. Fischer: Zur Lehre von der Pyämie. Centralbl. für die medic. Wissensch. 1868. S. 659.

nach etwa 6 Wochen in der 10fachen Dosis, d. h. 5—8—10 Cctm., hatte. Kurzum, bei den meisten Forschern auf diesem Gebiet gilt es heute als feststehend, dass die Giftigkeit faulender Stoffe am grössten ist innerhalb der ersten Stadien fauliger Zersetzung, dagegen mit fortschreitender Putrescenz bis zu einem gewissen Grade abnimmt.

Samuel [1]), welcher die Wirksamkeit faulender Stoffe in den verschiedenen Phasen der Zersetzung genauer untersucht hat, unterscheidet drei Stadien der Wirkung einer im Wasser faulenden Muskelsubstanz: 1) ein phlogogenes, 2) ein septogenes und 3) ein pyogenes Stadium. Im phlogogenen Stadium treten lediglich Entzündungsprocesse auf (Resolutionsentzündungen), welche gewöhnlich verschwinden, ohne dauernde örtliche oder allgemeine Störungen zu hinterlassen. Ihm folgt in allmäligem Uebergange das septogene Stadium, in welchem die faulende Substanz ihre specifisch septischen Wirkungen äussert. Diesem Stadium gehören die heftigsten örtlichen und allgemeinen Erkrankungen an, die jauchige und diphtheritische Phlegmone (Gangraena septica), welche in Aussehen und Geruch ganz das Bild der Fäulniss todter organischer Substanz darbietet, und die acute Septicämie, sich steigernd bis zur Septicaemia fulminans, einer specifischen Blutintoxication, welche der Wirkung der Blausäure ähnlich fast ausnahmslos tödtlich ist. Von dieser Höhe fällt aber die Wirksamkeit der Substanz bald wieder ab, um je länger desto mehr einem mit septischen Erscheinungen gemischten pyogenen Stadium Platz zu machen. In diesem letzten Stadium sind die faulen Stoffe nur Eiterungsprocesse zu erregen fähig mit meist gutartigem Verlauf und bleiben in dieser Fähigkeit lange Zeit constant. Ein Zeitraum von 3/4 Jahren und länger kann vergehen, bis die Substanz völlig wirkungslos geworden ist [2]).

Es erhellt auf den ersten Blick, dass diese verschiedenen Grade der Wirksamkeit mit den chemischen Veränderungen der faulenden Substanz Hand in Hand gehen. Wir haben bereits im vorigen Capitel mannigfache Beweise dafür kennen gelernt, dass die in den verschiedenen Stadien der Fäulniss gebildeten Producte

---

[1]) S. Samuel: „Ueber die Wirkung des Fäulnissprocesses auf den lebenden Organismus." Verein für wissenschaftliche Heilkunde zu Königsberg, 12. Mai 1873.

[2]) Allg. med. Centralzeitung, 1847, No. 14.



hinsichtlich ihrer Giftigkeit und ihrer specifischen Wirkungen thatsächlich ein solches Verhalten zeigen. Den zum Theil ungemein heftig und charakteristisch wirkenden Giften der ersten Periode der Fänlniss, dem schwefelsauren Sepsin Bergmann's, dem septischen Alkaloid Zülzer's, dem narcotischen Körper und dem extractförmigen putriden Gift Panum's und dem extrahirbaren septicämischen Ferment des Verfassers stehen die ungleich weniger deletären, theilweise sogar ungefährlichen ternären und binären Zwischen- und Endproducte gegenüber, welche je länger desto mehr an Menge zunehmen und in späteren Stadien der Fäulniss den Hauptbestandtheil der Faulflüssigkeiten ausmachen. Die grösste Giftigkeit putrider Stoffe liegt hiernach in demjenigen Stadium, in welchem die Producte der Fäulniss durch ihre grösste Mannigfaltigkeit und complexe chemische Zusammensetzung ausgezeichnet sind; mit fortschreitender Decomposition dagegen und mit Zunahme der Menge der einfacheren, zum Theil anorganischen Endproducte nimmt auch die Wirksamkeit septischer Substanzen gradatim ab.

Man kann diese Betrachtungen über die Wirkungsweise faulender Stoffe nicht wohl weiter führen, ohne damit, wie man sieht, auf die Frage von der Natur des giftigen Princips dieser Stoffe etwas näher einzugehen. Denn die Frage, ob man es bei dem septischen oder putriden Gift mit einem chemischen oder vitalen Agens zu thun habe, hängt mit der Art der Wirkung dieses Giftes innig zusammen. So sehr nun auch alle die bisher besprochenen Erscheinungen der Septicämie, die specifische Einwirkung putrider Substanzen auf das Centralnervensystem, die schweren toxischen Allgemeinerscheinungen, der acute fieberhafte Verlauf fast ohne jedwede Localisation, die diffuse Erkrankung der cellulären Elemente des Blutes und der Drüsen u. s. w., auf die Annahme eines specifischen, über die ganze Blutmasse vertheilten chemischen Giftes hindeuten, so ist doch andererseits die Betheiligung irgend welcher parasitärer Elemente hierbei noch nicht ausgeschlossen. Eine solche Betheiligung wird vielmehr vorläufig um so weniger von der Hand zu weisen sein, als die Existenz lebender, parasitärer Organismen sowohl in den giftigen Faulstoffen, als auch in dem septisch vergifteten Körper thatsächlich nachgewiesen ist.

In einer jeden faulenden Materie, gleichviel von welcher Beschaffenheit dieselbe ist, finden sich in grosser Zahl jene micro-

scopisch kleinen pflanzlichen Geschöpfe, welche die einfachste und kleinste Form des organischen Lebens darstellen und die regelmässigen Begleiter jeder fauligen Zersetzung sind. Sie erscheinen in Gestalt von winzigsten Körnchen und Stäbchen, einzeln oder zu Reihen und Häufchen vereinigt, theils ruhend, theils in oscillirender Bewegung, welche gewöhnlich als Micrococcen und Bacterien bezeichnet und unter dem gemeinsamen Namen der „Fäulnissorganismen", „Bacterien" oder „Schizomyceten (Spaltpilze)" der niedersten microscopischen Flora, den einzelligen Algen und Pilzen, an die Seite gestellt werden[1]). Diese durch Kleinheit und Schnelligkeit der Vermehrung ausgezeichneten pflanzlichen Organismen sind es also, welche zufolge der Regelmässigkeit ihres Auftretens in infectiösen septischen Stoffen mit der putriden oder septischen Infection in ursächliche Beziehung gebracht werden.

Dass sie in den lebenden Körper mit diesen Stoffen zugleich eindringen, unterliegt keinem Zweifel; sie passiren mit Leichtigkeit Capillaren, Saftkanälchen und grössere Blut- und Lymphgefässe und werden daher theils mit dem Flüssigkeitsstrom fortgeschwemmt und so der allgemeinen Säftemasse des Körpers zugeführt, theils wie andere Körnchen von den contractilen Lymphzellen aufgenommen und in entfernte Organe hinein fortgetragen. Die Art ihrer schädlichen Einwirkung auf den Organismus denkt man sich gewöhnlich so, dass die Parasiten entweder mechanisch störend wirken, indem sie durch rapide Vermehrung und Massenhaftigkeit ihres Auftretens die Gewebe reizen und in höherem Grade gewissermassen erdrücken; oder dass sie chemisch nachtheilig werden, insofern sie dem Organismus durch ihre Ernährung Stoffe entziehen, welche zur Erhaltung desselben nothwendig sind, oder indem sie Stoffe ausscheiden, welche für Thiere und Menschen Gifte sind. Im ersteren Falle also verhielten sich die Schizomyceten wie die echt parasitischen Fadenpilze, welche an der Oberfläche des menschlichen Körpers wuchern und dadurch die Ursache von Haar- und Hautkrankheiten werden; im anderen Falle würden sie den bekannten Giftpflanzen, der Belladonna, dem Schierling und der Brechnuss zu vergleichen sein. Beide Arten der Auffassung haben ihre Vertreter und beredten Vertheidiger.

Ohne auf eine Kritik dieser Vorstellungen näher einzugehen,

---

[1]) Die genauere botanische Beschreibung dieser Fäulnissorganismen wird im folgenden Capitel gegeben werden.



sei hier nur hervorgehoben, dass sie beide vor der Hand noch auf Hypothesen beruhen, welche wohl durch Analogieen und Wahrscheinlichkeitsgründe gestützt werden, aber doch im Grunde genommen noch des strengen Beweises bedürfen. Gemeinsam ist beiden Theorien — und das fällt mit dem Begriff eines „Parasiten" zusammen — die Voraussetzung, dass die in den Kreislauf aufgenommenen kleinsten Fäulnissorganismen im Körper des inficirten Individuums sich vermehren. Denn ohne eine Vermehrung und Ernährung wäre weder eine mechanische noch eine chemische Leistung derselben denkbar. So lange also die Vermehrung der Schizomyceten im lebenden Körper nicht nachgewiesen war, schwebte jede Hypothese über die Art ihrer parasitären Einwirkung in der Luft. Dieser Nachweiss konnte nur auf anatomischem Wege geführt werden.

Schon frühzeitig war man daher bemüht, die Schicksale der in den Körper des Versuchsthieres injicirten Fäulnissorganismen histologisch weiter zu verfolgen. Allein derartige Versuche früherer Experimentatoren scheiterten gewöhnlich einestheils an der Unvollkommenheit der technischen Hülfsmittel, anderntheils an der Schwierigkeit, die Micrococcen und Bacterien im Blute und den Geweben von anderen unbelebten Körnchen und Stäbchen mit Sicherheit zu unterscheiden. Ausserdem hatte man gerade in demjenigen Organ, welches man immer als den Hauptsitz der septischen Veränderungen betrachtete, im Blute, die Anwesenheit solcher kleinsten Organismen sehr häufig vermisst und selbst bei directen Injectionen von Faulflüssigkeiten in das Gefässsystem der Thiere wiederum vielfach die Erfahrung gemacht, dass die hier gewöhnlich massenhaft eingespritzten Microorganismen schon nach kurzer Zeit aus dem Blute vollständig verschwanden. Kurz, alle diese Erfahrungen waren nicht geeignet, die parasitäre Theorie der septischen Infection hinreichend anatomisch zu stützen.

Das Verdienst, nach dieser Seite hin zuerst festen Grund gemacht zu haben, gebührt unstreitig Klebs. Seine wichtigen anatomischen Untersuchungen in den Lazarethen des deutsch-französischen Krieges datiren erst aus den Jahren 1870/71 und gehören mithin der jüngsten Periode an. Klebs [1]) gelang es, im Eiter der

[1]) E. Klebs: Allgemeine Pathologie der Schusswunden (Beiträge zur pathologischen Anatomie der Schusswunden nach Beobachtungen in den Kriegslazarethen in Carlsruhe 1870 und 1871). Leipzig 1872.



Verwundeten und in den Geweben der an Septicämie und Pyämie Gestorbenen die constante Vegetation eines kleinen pflanzlichen Geschöpfes nachzuweisen, welches er Microsporon septicum nannte und als „Fäulnisspilz“ von der Gattung der Fadenpilze auffasste. Morphologisch bietet dasselbe keinerlei Verschiedenheiten von den sonst als Bacterien, Vibrionen, Monaden, Micrococcen u. s. w. bezeichneten niederen Organismen dar; auch in den Vegetationsformen und der Lebensweise gleicht es vollkommen den Schizomyceten der Fäulniss. In diesem Pilz glaubt Klebs die Ursache der Eiterung, sowie der septischen Allgemeinerscheinungen (Pyämie und Septicämie) gefunden zu haben. Die Gründe für diese Annahme sind wesentlich anatomischer Natur.

Ausgehend von der Verschiedenheit im Heilungsverlauf der offenen und der subcutanen Wunden betont Klebs zunächst das Vorhandensein einer äusseren Schädlichkeit als Ursache der Eiterung in letzteren Fällen und sieht diese Schädlichkeit in dem Hinzutritt von Keimen oder Sporen aus der Luft. Diese Annahme wird gerechtfertigt durch den constanten Nachweis solcher „Sporen“ in den Secreten der Wunde. Klebs fand die Vegetationsformen dieses Pilzes, als Körnchen, Körnerreihen und Körnerhaufen, sowohl in dem frischen guten Eiter granulirender Wunden, wie in der dünnen Jauche der verschiedensten Schussverletzungen, nur in letzteren sehr viel reichlicher. Die Untersuchung zahlreicher frischer Wundsecrete in einem Lazareth ergab sogar, dass diese Organismen in keinem Falle vollständig fehlten.

Das weitere Vorkommen und die Verbreitung des Microsporon septicum im Organismus verfolgte Klebs nun an verschiedenen Organen der Leichen von an Septicämie und Pyämie Gestorbenen. Er beobachtete zunächst die Entwickelung der Sporen auf der Oberfläche gewisser Gewebe, namentlich auf granulirenden Wundflächen sowohl alter Abscesse, wie fistulöser Kanäle, ferner auf Gelenkflächen und serösen Häuten, meist in Form von dicht gruppirten körnigen Sporenhaufen (der sogenannten Zoogloca F. Cohn's). Ein Eindringen in die Knochensubstanz konnte er nicht nachweisen; dagegen werden Knorpelflächen und das Granulationsgewebe, wie er angiebt, von der Oberfläche aus durch die Pilze aufgelöst und arrodirt, so dass Substanzdefecte entstehen[1]).

[1]) In einem Falle von Hospitalgangrän konnte Klebs in der excidirten und in Spiritus aufbewahrten necrotischen Schicht keine Pilzelemente wahr-



Weiterhin verfolgte Klebs das Eindringen der Sporen in die Safträume des lockeren Bindegewebes, woselbst das Microsporon breite, drehrunde, cylindrische Körper bildet, welche parallel neben einander gelagert sind; „mit ihrem Eindringen gehen die permanenten Zellen des Bindegewebes zu Grunde und es beginnt die Auswanderung der Blutkörperchen (Eiterung).“ Endlich konnte Klebs das Microsporon in den primären und secundären Bindegewebsscheiden der Muskeln mit grosser Häufigkeit nachweisen; sie gelangen hier seiner Ansicht nach vorzugsweise mechanisch, durch eine Art Aspiration bei der Contraction des Muskels, in die Scheiden hinein und erzeugen so im Innern der Muskelsubstanz, gerade so wie im gewöhnlichen Bindegewebe, Scheidenentzündung und Eiterung (interstitielle Myositis).

Die septische Allgemeininfection kommt nach Klebs am häufigsten zu Stande durch directes Eindringen der Pilzelemente in die Blutbahn. An geschützten oder schwer zugänglichen Stellen der frisch granulirenden Wunde nämlich, z. B. in den Winkeln und Ecken einer Resectionswunde, welche von den Reinigungsflüssigkeiten beim Verbandwechsel nicht genügend bespült werden, erlangen die Pilze eine ungestörte und ausgiebige Vermehrung; sie arrodiren nicht blos die angrenzenden Gewebe, sondern schliesslich auch die Wandungen benachbarter Blutgefässe, theils mechanisch, durch den Wachsthumsdruck der sich bildenden Hervortreibungen, theils auch wohl chemisch, durch gewisse von den Pilzen gebildete schädliche Stoffe. Durch eine so bewirkte und allmälig fortschreitende Destruction der Gefässwand entstehen „die septischen Warnungs- oder Tertiärblutungen.“ Ist es zu diesen Blutungen im Wundverlauf gekommen, so hat also in der Regel das Eindringen der Pilze in die Blutbahn bereits in verschiedenem Maasse stattgefunden und somit die allgemeine Infection mit ihren bekannten Erscheinungen (Fieber, Collaps u. s. w.) eingeleitet. Hieraus erklärt sich auch der gewöhnlich sehr ungünstige Verlauf solcher Fälle und die Fruchtlosigkeit der um diese Zeit vorgenommenen operativen Eingriffe, z. B. der Spätamputationen.

Im Gefässrohr selbst erregen die Pilze ferner die Bildung wand- und klappenständiger Thromben und mit ihnen die Gefahren

nehmen. C. Hueter und Tommasi dagegen hatten dieselben beim Hospitalbrand sowohl in den pulpösen Schichten der Wunde, als auch im Blut und im Harn solcher Kranken kurz zuvor gesehen (Hueter's „Monaden“).



der consecutiven arteriellen Gefässverstopfung (Embolie), welche in dem Krankheitsbilde der Pyämie eine so hervorstechende Rolle spielt. Auch durch die Vermittlung der Lymphbahnen und die contractilen Wanderzellen können die Sporen in den Kreislauf gelangen und eine allgemeine Infection zu Stande bringen; durch die Lymphzellen dagegen kommt nach Klebs eine Infection wohl nur sehr langsam zu Stande, da der freien Circulation derselben in den Lymphdrüsen ein Hinderniss gesetzt ist. Die Blutbahn ist jedenfalls der für die Importation des Giftes wichtigste Theil des Organismus; von da aus entstehen die für die Pyämie charakteristischen metastatischen Entzündungen und Eiterungen in den inneren Organen, namentlich in der Lunge und der Leber. Diese multiplen metastatischen, meist hirsekorn- bis stecknadelknopfgrossen Herde, welche man früher auf eine capillare Embolie durch erweichte und zerbröckelte Thromben zurückführte, lassen sich, wie Klebs hervorhebt, durch eine gewöhnliche Embolie in der Regel nicht erklären, da Fibrinpfröpfe an und für sich niemals Eiterung hervorrufen. Entweder muss man hier inficirte Emboli annehmen oder eine directe Localwirkung der in der Blutbahn fortgeschwemmten zahlreichen Pilzelemente zulassen. Klebs entscheidet sich für das Letztere. Die durch die arrodirten Gefässe in das Lumen eingedrungenen Sporenhaufen werden nach ihm mit dem Blutstrom fortgeführt und in die Capillarnetze der Lunge und Leber hineingetrieben. Hier entwickeln sich die Sporen in dem Capillarsystem weiter, erfüllen dasselbe und dehnen die Gefässe aus, bis endlich Schwund der Parenchymzellen und der Grundsubstanz, sowie Eiterung im umgebenden Bindegewebe eintritt (miliare Abscesse). Sowohl in diesen Abscessen, wie in anderen localisirten Erkrankungsherden, konnte Klebs in der That Microsporen in reichlicher Menge nachweisen. —

Die Existenz von Fäulnissparasiten im septisch erkrankten Körper, sowie in den Secreten der Wunde, von welcher die Infection ausgeht, war also durch Klebs' Untersuchungen vollkommen sichergestellt. Allein Klebs giebt, wie man sieht, nicht blos eine objective Schilderung seiner histologischen Befunde in septicämischen und pyämischen Leichen, sondern zugleich eine vollkommen zusammenhängende und erschöpfende Darstellung des Vorganges der septischen resp. pyämischen Infection, für welche er nunmehr den gemeinsamen Namen der „septischen Mycose“

vorschlägt. Er hält also die ätiologische Bedeutung der von ihm gefundenen Microorganismen für die in Rede stehenden Processe für erwiesen. Darin geht aber Klebs meines Erachtens vor der Hand einen Schritt zu weit.

Ohne Zweifel ist die von ihm gegebene Erklärung des pyämischen Processes an und für sich ganz einleuchtend; aber dieselbe enthält bei genauerer Betrachtung doch so viel hypothetische und unbewiesene Voraussetzungen, dass man die Richtigkeit derselben nicht ohne Weiteres anerkennen kann. Vor Allem war gar nicht erwiesen, dass die im Körper verbreiteten Microsporen überhaupt schädlich und die Ursache aller jener Veränderungen sind, bei welchen sie gefunden wurden; man wusste bis dahin nicht einmal, ob Micrococcen im Stande sind, irgend welche örtliche (phlogogene) oder allgemeine (pyrogene) Störungen im inficirten Organismus hervorzurufen.

Auf Klebs' Anregung hatten daher im Jahre 1871 seine beiden Assistenten E. Tiegel [1]) und F. W. Zahn [2]) sich experimentell mit der Lösung dieser Frage von der pathogenen Bedeutung jenes Pyämiepilzes, des Microsporon septicum, beschäftigt. Sie züchteten diesen aus Wundeiter gewonnenen Pilz in geeigneten Nährsalzlösungen und prüften seine entzündungs- resp. fiebererregenden Eigenschaften theils durch Application der Züchtungsflüssigkeiten auf das Mesenterium von Fröschen und Beobachtung des eintretenden histologischen Vorganges, theils durch Einspritzung derselben unter die Haut oder in das Blutgefässsystem von Kaninchen. Ferner filtrirten sie Pilzculturen durch feinporige Thonzellen und verglichen die Wirkung der pilzreichen Züchtungsflüssigkeiten mit der Wirkung völlig organismenfreier Filtrate derselben. Sie kommen beide übereinstimmend zu dem Resultat, dass nur die Pilzmassen Entzündung, Eiterung, sowie tödtliche Allgemeininfection zu erzeugen im Stande sind, während allerdings gewisse, von den Organismen gebildete giftige Stoffe, welche in die Ernährungsflüssigkeiten diffundiren, Fieber

---

[1]) E. Tiegel: Ueber die fiebererregenden Eigenschaften des Microsporon septicum. Ein Beitrag zur Lehre von den fieberhaften Wundkrankheiten. Bern 1871. Inaug.-Dissert.

[2]) Fr. Wilh. Zahn: Zur Lehre von der Entzündung und Eiterung. Mit besonderer Berücksichtigung der durch das Microsporon septicum hervorgerufenen Erscheinungen. Heidelberg 1872. 52 Seiten.

und andere toxische Allgemeinerscheinungen hervorrufen. Diese letzteren sind jedoch bei einmaliger Einverleibung der Filtrate in der Regel nur vorübergehender Natur und werden erst durch die Anwesenheit der Pilze selbst tödtlich. Damit war also die deletäre Bedeutung des Microsporon septicum anscheinend bewiesen. Ich kann jedoch schon hier nicht verschweigen, dass diese Versuche in ihrer Beweiskraft später mehrfach angefochten worden sind.

Eine Bestätigung erhielten die anatomischen Beobachtungen von Klebs durch die noch im Jahre 1871 erfolgten Mittheilungen von v. Recklinghausen [1]) und von Waldeyer [2]). Sie constatiren gleichfalls das sehr reichliche und constante Vorkommen von Micrococcen in den multiplen miliaren Eiterherden der Lunge, der Nieren, Milz, Leber, im Herzfleisch, Gehirn und Auge, und zwar nicht blos bei der Pyämie, sondern auch beim Typhus und der Phthisis florida. Die gefundenen Organismen waren in allen morphologischen Eigenschaften identisch mit den von Buhl, Oertel, Nassiloff, Hüter u. A. bei der Diphtheritis und von Klebs früher bei der Pyelonephritis beschriebenen Formen. Auch die zahlreichen späteren, mit grossem Eifer betriebenen Untersuchungen auf diesem Gebiet, z. B. von J. Orth [3]) über Puerperalfieber, von H. Heiberg [4]) über puerperale und pyämische Processe, von Birch-Hirschfeld [5]) über Pyämie und einigen Anderen haben im Grossen und Ganzen die Resultate von Klebs bestätigt, ja zu einem Theil sogar noch erweitert.

Alle diese durch die pathologisch-anatomische Forschung des letzten Decenniums aufgedeckten Thatsachen setzten also die Betheiligung niederster Organismen, insonderheit der als Micrococcen bezeichneten Vegetationsform, an den septischen Krankheitsprocessen ausser allem Zweifel. Sie schienen anfänglich eine glänzende Bestätigung der im Jahre 1840 durch Henle wieder

---

[1]) v. Recklinghausen: Ueber die Entstehung miliarer Herde durch Pilze. Verhandlungen der physikalisch-medicinischen Gesellschaft zu Würzburg am 10. Juni 1871.

[2]) Waldeyer: Schlesische Gesellschaft für vaterländische Cultur. Sitzung vom 4. August 1871.

[3]) J. Orth: Untersuchungen über Puerperalfieber. Virchow's Archiv, Bd. LVIII., S. 437—460. 1873.

[4]) Hjalmar Heiberg: Die puerperalen und pyämischen Processe. Leipzig 1873. 52 Seiten, 3 Tafeln.

[5]) Birch-Hirschfeld: Untersuchungen über Pyämie. Archiv der Heilkunde, Bd. XIV., 1872.

neu begründeten Lehre vom Contagium animatum zu geben, welche aus Gründen der Analogie ganz allgemein für alle Infectionskrankheiten lebende, entwickelungsfähige Organismen (vulgo Keime, Sporen oder Pilze) als Krankheitsursache annimmt. Für diejenigen Forscher, welche an der Hand dieser Theorie nach solchen Organismen im erkrankten Körper suchten, hatten diese Befunde ohne Zweifel etwas Ueberzeugendes und Gewinnendes; somit hat sich denn auch die Zahl der unbedingten Anhänger der Parasitentheorie, wie zu erwarten stand, in letzter Zeit von Jahr zu Jahr vermehrt.

Allein vorsichtige Pathologen mussten sich doch sagen, dass die ätiologische Bedeutung jener kleinsten Organismen mit dem blossen anatomischen Nachweise noch keineswegs erwiesen sei. Dass Micrococcen überhaupt im septisch inficirten Körper mehr oder weniger reichlich vorkommen, war ja an und für sich durchaus nicht auffällig, da sie als constante Bewohner zersetzter Stoffe und vermöge ihrer Kleinheit unzweifelhaft zugleich mit diesen in den Körper eindringen. Ausserdem waren stämmtliche histologische Beobachtungen bis dahin nur an Leichen gemacht worden; und dass Leichen ein sehr günstiger Boden für eine Weiterentwickelung kleinster Fäulnissorganismen sind und gerade septicämische resp. pyämische Leichen sehr schnell in faulige Zersetzung übergehen, die dann Keimstätte solcher Organismen bildet, ist aus zahlreichen anderweitigen Erfahrungen hinlänglich bekannt. Eine nachträgliche postmortale Vermehrung der in den Kreislauf eingedrungenen Micrococcen war also keinenfalls ausgeschlossen, vielmehr aus Gründen der Erfahrung zum mindesten wahrscheinlich.

Es blieb also vor der Hand, in Ermangelung eines stringenten experimentellen Beweises, immer noch zweifelhaft, ob die pflanzlichen Microorganismen die Erreger aller jener krankhaften Veränderungen sind, bei welchen sie gefunden wurden, oder vielleicht nur zufällige und unwesentliche Begleiter derselben. Diese letztere Vermuthung hatte namentlich um so mehr eine gewisse Berechtigung, als durch frühere Beobachtungen wiederholt nachgewiesen war, dass jene niedersten Organismen (Micrococcen, Bacterien) in denselken Formen auch an verschiedenen Stellen des gesunden Körpers vorkommen, ohne hier besondere pathologische Störungen hervorzurufen. Es sind dies namentlich Stellen, an welchen ausgeschiedene Stoffe des Organismus in Zersetzung

sich befinden und welche vor äusseren Insultationen einigermassen geschützt sind, z. B. die Mundhöhle, die Recessus der Mandeln und der Pharynx, gewisse Abschnitte des Darmkanals und die Vagina. Auf den Tonsillen und auf dem Zahnfleisch namentlich können diese Organismen bei mangelhafter Reinhaltung der Mundhöhle eine solche numerische Ausbreitung erreichen, dass sie theils als grauweisser, filziger Ueberzug der Mandeln, theils als dichter, schmieriger, gelbweisser Zahnbelag schon macroscopisch sichtbar sind [1]).

Ein weiterer, schwer wiegender Einwand, welcher gegen die ätiologische Deutung jener parasitären Befunde erhoben wurde, ist der, dass dieselben Organismen, welche für die septische Infection specifisch sein sollten, auch bei einer ganzen Reihe anderer Infectionskrankheiten nachgewiesen worden sind. Man hat Micrococcen von ganz der gleichen Form, Farbe, Grösse und Anordnung gefunden bei den Pocken, bei der Diphtheritis und dem Hospitalbrand, bei Typhus, Cholera, Ruhr und einigen anderen, theils im Blute, theils in den Secreten und Ausleerungen, theils in verschiedenen Organen der Leiche, wenn auch hier meistens aus leicht erklärlichen Gründen nicht so reichlich, als bei den septischen Krankheiten. Das ging nun aber doch unmöglich an, Typhus und Cholera, Pyämie und Pocken, Erysipelas und Masern, sie alle durch das gleiche pflanzliche Wesen entstehen zu lassen. Allerdings waren die Morphologen zu allen Zeiten bestrebt gewesen, microscopisch und microchemisch specifische Verschiedenheiten an diesen gleichförmigen Gebilden nachzuweisen; allein es hat doch trotz allen Forschens bis jetzt nicht recht gelingen wollen, wirklich stichhaltige Merkmale für einen Micrococcus variolae, einen Micrococcus diphthericus, einen Micrococcus septicus u. s. w. [2]) zu sta-

---

[1]) B. Fränkel beobachtete einen „Fall von gutartiger Mycose des Pharynx", in welchem die Schizomyceten über den Tonsillen und am Zungengrunde zahlreiche weisse, discrete Erhabenheiten bis zu 1 Linie hoch bildeten, ähnlich den Schimmelculturen. Subjective Beschwerden bestanden nicht; objectiv war nur ein leichter chronischer Rachencatarrh nachweisbar (Berl. medic. Gesellsch. am 29. Januar 1873). — Diese schmierigen Beläge bilden auch wahrscheinlich die Ursache der an den Zähnen so häufig auftretenden lästigen Weinsteinbildung, indem sich dieselben mit Kalksalzen und anderen mineralischen Stoffen aus der Ernährungsflüssigkeit incrustiren und so allmälig feste, steinharte Concremente bilden.

[2]) Man vergl. Ferd. Cohn: „Untersuchungen über die Bacterien." Beitr. z. Biologie d. Pflanzen. Breslau 1872. Heft 2. S. 127—221. In der Systematik, Trib. I.: „Sphaerobacteria, Kugelbacterien" fungirt, neben den

tuiren. Auch der bekannte Versuch Hallier's [1]), diese Micrococcen der verschiedenen Krankheiten durch Züchtung auf bekannte höhere Pilz- oder Algenformen zurückzuführen, von denen nun eine jede wieder für eine besondere Krankheit specifisch sein sollte, ist nach der fast einstimmig verurtheilenden Kritik, welche seine zahlreichen Culturversuche durch Aerzte und Botaniker erfahren haben, als missglückt zu erachten. Kurzum, es fehlt bis jetzt jeglicher Anhalt für die im Sinne des Parasitismus unerlässliche Annahme, dass die bei den einzelnen Krankheiten gefundenen kleinsten Organismen verschieden und für diese Krankheit specifisch sind. Billroth [2]), der in dieser Beziehung ausserordentlich zahlreiche und umfangreiche Controluntersuchungen angestellt hat, fasst das Ergebniss derselben objectiv und bündig in folgendem Satze zusammen: „Es giebt bis jetzt keinerlei morphologische Kennzeichen irgend einer Micrococcus- oder Bacteriaform, aus welcher man schliessen könnte, dass sie sich nur bei einer bestimmten Krankheit in oder am lebenden Körper entwickelte."

Man hat nun andererseits dieser Schlussfolgerung wieder die Hypothese entgegengestellt, dass die bei den verschiedenen Krankheiten gefundenen Micrococcen trotz morphologischer Identität doch in ihrem Chemismus so von einander verschieden sein könnten, wie der Schierling von der Petersilie oder die bittere von der

---

Gattungen a) Pigmentbacterien, b) gärungserzeugende, zymogene Bacterien, auch die Gattung c) krankheitserzeugende, pathogene Bacterien mit vier Arten von Micrococcus. — Doch wohl eine historische Präsumption!

[1]) E. Hallier: Parasitologische Untersuchungen bezüglich auf die pflanzlichen Organismen bei Masern, Hungertyphus, Darmtyphus, Blattern, Kuhpocken, Schafpocken, Cholera nostras etc. Mit 2 colorirten Kupfertafeln. Leipzig 1868.

Obwohl ich hier insonderheit von den Micrococcen rede, so kann ich doch nicht umhin, zu bemerken, dass beim Milzbrand und der Febris recurrens specifische Formen nachgewiesen sind, für den Milzbrand bewegungslose Stäbchen, sog. Bacteridien (Brauell und Pollender), und für die Febris recurrens eine haarähnliche, sehr flexile Spirille, die Spirochaete plicatilis (O. Obermeyer). Für die Milzbrandbacteridien ist in jüngster Zeit die ätiologische Bedeutung durch Koch in hohem Grade wahrscheinlich gemacht. Vergl. Koch: Die Aetiologie der Milzbrandkrankheit, begründet auf die Entwickelungsgeschichte des Bacillus anthracis. F. Cohn's Beiträge z. Biologie d. Pflanzen. Bd. II. Heft 2. Breslau 1877.

[2]) Th. Billroth: Untersuchungen über die Vegetationsformen von Coccobacteria septica und den Antheil, welchen sie an der Entstehung und Verbreitung der accidentellen Wundkrankheiten haben. Berlin, 1874.

süssen Mandel. Es sei also möglich, dass es sehr verschiedene Arten von Micrococcen gäbe, welche bei äusserlicher Uebereinstimmung doch hinsichtlich ihrer Ernährungsbedingungen und ihrer Stoffwechselproducte verschieden sich verhalten. Als Stütze für diese Hypothese wird gewöhnlich das Vorkommen verschiedenfarbiger Arten von Micrococcen aus der Gruppe der sogenannten Pigmentbacterien angeführt. Wie es also Micrococcen giebt, sagte man, welche je nach der Beschaffenheit des ernährenden Substrats rothe, blaue, violette und orangegelbe Farbstoffe erzeugen, so kann es auch Micrococcen geben, welche trotz gleicher Form und gleicher Farbe unter den verschiedenen Bedingungen verschiedene Gifte erzeugen. Billroth's Transplantationsversuche, in welchen Bacterien bei der Uebertragung aus einer Nährflüssigkeit in eine anders zusammengesetzte häufig ausgingen und sich nicht weiter entwickelten, werden gewöhnlich dieser Annahme specifisch verschiedener Arten oder Spielarten günstig gedeutet.

Dieses Argument ist ohne Zweifel vollkommen gerechtfertigt und muss im Prinzip durchaus anerkannt werden. Aber wir müssen uns dabei doch stets bewusst bleiben, dass eine derartige biochemische Verschiedenheit unter den septischen Micrococcen bis jetzt nicht hat nachgewiesen werden können. Und selbst wenn nachgewiesen wäre, dass diese Organismen in den verschiedenen ernährenden Medien verschiedene Stoffe erzeugten, so würde der Werth dieses Nachweises für die schwebende Frage doch immer noch davon abhängig sein, ob die von den Micrococcen erzeugten Stoffe überhaupt giftig sind. Von diesem Nachweise sind wir aber bekanntlich noch viel weiter entfernt, als von demjenigen der verschiedenen Arten oder Spielarten des Micrococcus.

Wenn wir von allen Hypothesen, Möglichkeiten und theoretischen Combinationen absehen, durch welche ja eine wissenschaftliche Streitfrage nach der einen oder anderen Seite hin immer nur wahrscheinlich gemacht, aber niemals bewiesen werden kann, und uns nur an das Thatsächliche und wirklich Beobachtete halten, so müssen wir vor allen Dingen einer Reihe von Erfahrungen gedenken, welche für die Beurtheilung der schwebenden Fragen weit wichtiger sind, als man bisher vielfach eingeräumt hat. Die vergleichende histologische Forschung der letzten Jahre hat uns in der That mit einer Fülle von Beobachtungen bekannt gemacht, welche über das Vorkommen und die Verbreitung der Schizomy-

ceten in der Natur, sowie über ihr Auftreten bei Krankheiten und in der Leiche ein ganz neues Licht verbreiten.

Zunächst kann es heute wohl als feststehend betrachtet werden, dass die Zahl der in der Natur vorkommenden Microorganismen, welche nachweisbar unschädlich sind, ungemein gross ist. Wir haben Micrococcen durch die Versuche der Panspermatiker als einen nahezu constanten Bestandtheil der atmosphärischen Luft kennen gelernt, welche wir athmen; wir wissen, dass sie im Wasser und in den Nahrungsmitteln enthalten sind, welche wir geniessen, und dass sie aus faulenden Stoffen direct in unseren Körper gelangen können, ohne uns zu schaden. Unsere eigene Mundhöhle stellt fast beständig einen solchen Fäulnissherd dar, welcher Micrococcen, Bacterien und andere Schizomyceten oft in den massigsten Lagern birgt. Kurz, die neuere Forschung hat diesen niederen Organismen eine so ubiquistische Verbreitung in der Natur zuerkannt, dass fast jeder Augenblick des Lebens uns mit ihnen umgiebt. Aber obwohl wir sie beständig theils durch Lunge und Darmkanal, theils durch Wunden jedweder Art, in unseren Körper aufnehmen, bewirken sie doch eine Störung des Wohlbefindens, wie die Beobachtung lehrt, nicht. Ja Personen, welche dem Einflusse der Fäulnissorganismen in erhöhtem Maasse und viele Jahre hindurch ausgesetzt sind, z. B. Anatomen, Gerber, Abdecker, erfreuen sich nicht selten der blühendsten Gesundheit.

Wir dürfen heute also die grundlegende Thatsache als gesichert betrachten, dass die für gewöhnlich und in ausserordentlicher Verbreitung in der Natur vorkommenden Bacterien (Schizomyceten) für Menschen und Thiere unschädlich sind.

Weiterhin ist bekannt, dass Leichen, welche sich selbst überlassen in Fäulniss übergehen, einige Zeit nach dem Tode ziemlich constant in ihrem Innern niederste Organismen in mehr oder weniger lebhafter Entwickelung zeigen. Selbst tiefer liegende Organe, welche dem Zutritt der atmosphärischen Luft direct nicht zugänglich sind, wie die Leber und die Milz, enthalten dieselben oft in der reichlichsten Menge. Die Frage, welche sich an diese Erscheinung knüpfte, war die: ob die Organismen erst nach dem Tode von aussen der Leiche zugeführt worden, oder ob sie bereits während des Lebens in dem Körper vorhanden waren. Diese

Frage ist durch die Untersuchungen von Billroth und Tiegel [1]) vollkommen gelöst worden.

Verschiedene Organe frisch getödteter Thiere wurden unmittelbar nach der Herausnahme in heisses, bis auf 110—150° C. temperirtes Paraffin eingeschmolzen und so längere Zeit aufbewahrt. Bei Beobachtung aller Cautelen gelang es, in fast sämmtlichen der untersuchten Organe (Muskel, Leber, Milz, Nieren, Lymph- und Speicheldrüsen, Hoden, Blut) das Vorhandensein präexistirender, entwickelungsfähiger Organismen (Microccen und Bacterien) unzweifelhaft nachweisen. — Billroth [2]) hatte ausserdem den frisch amputirten Unterschenkel einer menschlichen Leiche mit Heftpflaster luftdicht verklebt und nach einiger Zeit untersucht; er fand nach einigen Wochen im peri- und intermusculären Zellgewebe reichlich Mesobacterien, nach 53 Tagen den Muskel „dick voll von ruhenden Helobacterien". Aehnliche Erfahrungen machte ich, als ich im Juni 1875 die Schenkel gesunder Kaninchen mit einem Faden umschnürte, dann amputirte und, die Schnittfläche mit Wachs verpicht, einige Zeit aufbewahrte. Dasselbe haben auch Lewis und Cunningham [3]) in ihren reichhaltigen Versuchen über die Cholera constatirt, als sie, zur Controle ihrer gemachten Beobachtungen an Choleraleichen, eine Reihe von Thieren (Hunde) in voller Gesundheit tödteten und die Organe derselben verschiedene lange Zeit nach dem Tode untersuchten. Sie fanden kleinste Organismen mit grosser Häufigkeit und im Allgemeinen um so reichlicher dann, wenn seit dem Tode des Thieres schon eine längere Zeit verflossen war. In einem Falle, in welchem Liqu. ammonii caust. in die Bauchhöhle injicirt worden war, fanden sich die Organismen in reichlicher Menge schon unmittelbar nach dem Tode.

Durch alle diese Erfahrungen ist unzweifelhaft festgestellt, dass der menschliche und thierische Körper bereits im Leben die Keime niederster pflanzlicher Organismen enthält, welche nach dem Tode desselben sich weiter entwickeln.

---

[1]) E. Tiegel: Ueber Coccobacteria septica (Billroth) im gesunden Wirbelthierkörper. Virchow's Archiv, Bd. 60, S. 453—470. 1874.

[2]) Th. Billroth: Untersuchungen über die Vegetationsformen von Coccobacteria septica. Berlin 1874, S. 73.

[3]) T. R. Lewis u. D. D. Cunningham: A report of microscopical and physiological researches in to nature of the agent or agents producing Cholera. Calcutta 1874. II. Jahresbericht. (Centralbl. f. d. med. Wiss. 1875. S. 556.)



Wir wissen also, dass wir beständig kleinste Organismen in unseren Körper aufnehmen; wir sahen ferner, dass dieselben im lebenden Körper nicht untergehen, sondern eine unbekannte Zeit hindurch ihre Fähigkeit der Ernährung und Vermehrung bewahren. Es geht endlich drittens aus diesen Erfahrungen hervor, dass die aufgenommenen Keime, so lange der thierische Körper lebt und gesund ist, sich nicht in demselben weiter zu entwickeln vermögen.

Nur unter besonderen Verhältnissen sehen wir die präexistirenden Keime der Schizomyceten auch im Leben des Organismus zur weiteren Entwickelung gelangen. Es sind dies insgesammt krankhafte Verhältnisse, hervorgegangen aus irgend welchen mechanischen oder chemischen Störungen, bei welchen ein Hinzutritt niederer Organismen von aussen bestimmt ausgeschlossen werden kann.

Bergeron [1]) untersuchte in Gemeinschaft mit Gosselin den unter allen Cautelen entleerten Inhalt von 7 heissen Abscessen, welche in keiner Weise, weder direct noch indirect, mit der äusseren Luft communicirten, und fand in allen Fällen Micrococcen und Stäbchen; nur bei einigen jugendlichen Individuen und in kalten Abscessen wurden sie vermisst. Sehr prägnant sind in dieser Richtung 4 Beobachtungen Billroth's [2]), in denen der Coccos in subcutanen Entzündungsherden auftrat, welche durch mechanische Irritationen erzeugt waren. Es waren dies ein nach Quetschung entstandenes vereiterndes Blutextravasat, ferner ein Abscess, welcher sich um ein steifes Ellenbogengelenk gebildet hatte in Folge täglicher forcirter Uebungen, und 2 bei Scheuermädchen nach anhaltendem Knieen entstandene präpatellare Phlegmonen; bei allen diesen Affectionen fand Billroth im Eiter bald reichlicher, bald spärlicher Vegetationen von Streptococcos und Micrococcos. Hieran schliessen sich einige Beobachtungen Nepveu's [3]) über das Auftreten von Micrococcen in verschiedenen, von der Luft vollkommen abgeschlossenen Höhlenflüssigkeiten,

---

[1]) A. Bergeron: Sur la présence et la formation des vibrions dans le pus des abscès. Comptes rendus. Tom. 80. 1875. p. 430.

[2]) Th. Billroth und F. Ehrlich: Untersuchungen über Coccobacteria septica. Archiv f. klin. Chir. 1876, Bd. XX, Heft 2.

[3]) Nepveu: Présence de bactéries dans les collections sous-coutanées. Gazette médicale, 1875, No. 11, p. 126. (Centralbl. f. Chir. 1875, S. 275.)

z. B. bei einer Haematocele cystica, einer Nierencyste, einer vereiterten Cyste des Samenstranges und einem Aneurysma der A. poplitea, in allen Fällen bei völlig unversehrter Körperoberfläche.

In diesen Fällen können also die gefundenen Microorganismen nur aus bereits vorhandenen Keimen und auch nur deshalb sich entwickelt haben, weil durch die genannten krankhaften Veränderungen die Bedingungen ihres Gedeihens günstiger wurden.

Die Richtigkeit dieses Schlusses erweist sich ganz besonders noch dadurch, dass es gelingt, diese acceessorische Entwickelung der Schizomyceten in gleicher Weise in die Erscheinung zu rufen, wenn man pathologische Processe, z. B. Entzündungen, Eiterungen, Necrose, durch beliebige physikalische oder chemische Agentien künstlich erzeugt.

Burdon-Sanderson[1]) war der Erste, welcher durch consequente Untersuchungen feststellte, dass die Exsudatflüssigkeiten fast aller acuten Entzündungen, z. B. Phlegmone, Arthritis, Pleuritis, Peritonitis u. s. w., reichlich Microzymen (Micrococcus, Zooglöa, Bacterien) enthalten können, selbst wenn diese Entzündungen durch Agentien hervorgerufen waren, durch welche bestimmt keine Organismen eingeführt werden. Sowohl vorher lange gekochte Substanzen, als auch reizende Chemikalien, welche als Gifte für Bacterien bekannt sind, ergaben bezüglich des accidentellen Auftretens niederer Organismen das gleiche Resultat.

Dieses wichtige Ergebniss ist durch eine ganze Reihe späterer Beobachtungen bestätigt und erweitert worden. Alkohol, concentrirte Carbolsäure, Ammoniak (Liqu. amm. caust.) und Schwefelammonium in einer 10procentigen Lösung sind Stoffe, in denen pflanzliche Microorganismen keinenfalls leben und gedeihen können. Billroth[2]) nun fand in einer nach Alkoholinjection stark entzündeten und verjauchten Struma in grösster Anzahl lebende Organismen, insbesondere der Bacteriaform; Steiner und Is. Neumann[3])

---

[1]) J. Burdon-Sanderson: Zur Kenntniss der infectiösen Producte acuter Entzündungen. Wiener med. Jahrb., 1873, Heft 3.

[2]) Coccobacteria septica. 1874. S. 87.

[3]) Steiner u. Is. Neumann: Ueber die Wirkung der Carbolsäure auf den thierischen Organismus. Wien 1870. (Billroth, a. a. O. S. 211.)

sahen sie meist in Masse sich entwickeln in den jauchigen Abscessen, welche sie bei Hunden durch subcutane Injection von Carbolsäure erzeugten. In gleicher Weise constatirten sie Cunningham und Lewis [1]) nach Einspritzung von Liqu. ammon. caust. in die Bauchhöhle von Hunden im Blut und den Organen unmittelbar nach dem Tode; und Semmer [2]) fand unzählige Micrococcen und Stäbchen im Blute schon 24 Stunden nach der Injection von schwefelsaurem Sepsin. Als Ravitsch [3]) einem Hunde 10 Grm. einer Schwefelammoniumlösung (1 : 10) unter die Haut gespritzt hatte, entwickelte sich an der Injectionsstelle nach 24 Stunden eine grosse Blase, in deren Inhalt das Microscop eine Menge charakteristischer Bacteridien constatirte, wie sie beim Milzbrand vorkommen; „Davaine, sagt er, würde gewiss diese Blase als eine Pustula maligna angesehen haben."

Wenn man diesen für die Theorie höchst wichtigen Beobachtungen vielleicht noch einwenden wollte, dass hier in allen Fällen eine Continuitätstrennung der Haut (Einstich) stattgefunden habe, welche nachträglich — d. h. nachdem die für Bacterien giftige Substanz selbst aufgehört hat zu wirken — noch der keimreichen Luft möglicherweise Zutritt gewährt haben könne, so ist ein solcher Einwand doch nicht möglich für diejenigen Fälle, in welchen eine Continuitätstrennung der Haut nicht stattfand.

Auf dem IV. Chirurgencongress (1875) theilte M. Wolff [4]) eine Beobachtung mit, inhaltlich welcher er in dem serösen Inhalt einer Hautblase, die einige Tage zuvor nach Quetschung entstanden war, in reichlicher Menge Microorganismen verschiedener Formen fand. Ich habe, durch diese Mittheilung angeregt, seitdem eine ganze Reihe von Hautblasen aus den verschiedenartigsten Ursachen, z. B. nach Stiefeldruck, oberflächlicher Quetschung, Anwendung von Cantharidenpflaster u. s. w., untersucht und gefunden, dass sich nahezu constant in derartigen Blasen niedere Organismen (Mono-, Diplo- und Streptococcus, seltener Bacteria)

---

[1]) Centralbl. für die medicin. Wissenschaften. 1875. S. 555.

[2]) Semmer: Resultate der Injectionen von Pilzsporen und Pilzhefen ins Blut der Thiere. Virchow's Archiv, Bd. 50, S. 158.

[3]) J. Ravitsch: Zur Lehre von der putriden Infection. Berlin 1872. S. 106 (Versuch 110) und S. 115.

[4]) Verhandlungen d. deutsch. Gesellsch. f. Chir. (1875), Bd. IV, Berlin 1876, S. 38.

nachweisen lassen, und zwar im Allgemeinen um so reichlicher, je längere Zeit der Blaseninhalt unter der Epidermis stagnirt hatte. — Aber nicht blos in dem extravasirten und transsudirten, also dem Einflusse des lebenden Gefässrohrs entzogenen Blute, sondern sogar innerhalb der Gefässe, bei einfachen mechanischen Störungen der Circulation, können die im Körper vorhandenen kleinsten Organismen intra vitam zur weiteren Entwickelung gelangen. Bei Versuchen, welche Weissgerber und Perls [1]) an Kaninchen und Hunden über die Entstehung von Harncylindern anstellten, beobachteten sie in 10 von 12 Fällen, in welchen die Einengung (Stenosirung) der Nierenvene gut ausgeführt und überall da, wo Stauung vorhanden war, also namentlich in den Venen und Capillaren der Pyramidensubstanz, charakteristische Anhäufungen von Micrococcen, deren ganzes Verhalten unwillkürlich an die Bilder erinnerte, welche in neuerer Zeit mehrfach bei Krankheiten, z. B. bei Erysipel, beschrieben worden sind. Dasselbe „gleichmässige Korn" der Moleküle, dasselbe Verhalten gegen Reagentien (Unlöslichkeit, Färbbarkeit), dieselbe theils wurstförmige, theils sternförmige Gruppirung der Körnchen, dieselben Ausbuchtungen der Gefässwand u. s. w. Auch hier fanden sich die Micrococcen immer nur in den Venen und Capillaren, niemals in den zuführenden Arterien; es konnte also die Annahme einer „Embolie" oder eines ähnlichen Vorganges bestimmt ausgeschlossen werden.

Alle diese Erfahrungen lehren uns, dass die im lebenden Körper vorhandenen oder erst eingeführten Microorganismen bei den mannigfaltigsten pathologischen Processen, gleichviel aus welcher Ursache, also bereits im Leben, sich weiter entwickeln können; sie lehren ferner, dass sie bei allen diesen Processen immer nur die Folge, aber nicht die Ursache der krankhaften Veränderungen sind; endlich, dass diese secundäre Entwickelung stets an den Ort der pathologischen Störung — natürlich soweit es sich hier um localisirte Erkrankungen handelt — gebunden ist.

Wenn nun also Micrococcen und verwandte Organismen, wie im letzten Decennium so häufig, bei infectiösen Krankheitspro-

[1]) Weissgerber u. Perls: Micrococcen in der Niere bei Phlebostenose. Archiv f. exp. Pathol. u. Pharm. Bd. VI. S. 136.

cessen, theils im Leben, theils an der Leiche gesucht und gefunden werden, was beweist — muss man da nothwendig fragen — ein solcher Befund für die Aetiologie dieser Krankheit? Liegt hier nicht in gleicher Weise die Möglichkeit einer accidentellen Entwickelung der präexistirenden Keime vor? Spricht nicht eine an Gewissheit grenzende Wahrscheinlichkeit dafür, dass gerade so, wie bei den vorerwähnten Erkrankungen nicht infectiöser Natur, so auch bei den septischen und anderen infectiösen Krankheitsprocessen die ubiquistisch im Körper verbreiteten Keime sich weiter entwickeln werden? Thatsächlich sind die bisher bei contagiösen Krankheiten aufgefundenen Micrococcen von den bei nicht contagiösen Affectionen gefundenen, notorisch unschädlichen Microorganismen sowohl morphologisch wie microchemisch ununterscheidbar. —

Man hat nun als einen Beweis für die Giftigkeit der septischen Micrococcen das Experiment sprechen lassen. Allein bei einer genaueren Durchsicht der einschlägigen Versuche zeigt sich, dass in den zahlreichen Impfungen und Injectionen mit diphtherischem, septischem, pyämischem u. s. w. Material durchaus nicht etwa, wie man glauben sollte und wie vielfach angegeben wird, einfach „Micrococcen“ übertragen wurden, sondern nur micrococcenhaltige Krankheitsproducte oder Faulstoffe, deren Wirksamkeit natürlich ebensowohl in dem einen, wie in dem anderen Sinne ausgelegt werden kann. Derartige Versuche sind also, wie unschwer einzusehen, eben dieser Doppelsinnigkeit wegen nichts weniger als ein Beweis.

Man hat ferner eine Stütze für die parasitäre Auffassung darin erblickt, dass bei den wirksamen Impfungen die übertragenen Organismen sich weiter vermehren, bei den unwirksamen nicht. Nach dem oben Mitgetheilten kann diese Erscheinung nicht mehr auffällig sein, da wir ja wissen, dass Micrococcen eben nur im erkrankten Gewebe weiter zu vegetiren vermögen, im gesunden dagegen nicht. In parasitärem Sinne könnte diese Beobachtung erst dann gedeutet werden, wenn nachgewiesen wäre, dass die Vermehrung der Micrococcen den krankhaften Veränderungen überall voraufgeht. Alle bisher in dieser Richtung angestellten genaueren histologischen Ermittelungen aber, z. B. bei der Impfkeratitis (Frisch), bei septischer Infection (Ravitsch u. A.), bei der progredienten Phlegmone (Verf.) u. s. w., haben ergeben, dass in

diesen Fällen die Organismenentwickelung der örtlichen Erkrankung niemals vorangeht, sondern im günstigsten Falle Schritt für Schritt folgt.

Für die Entscheidung der principiellen Frage, ob das septische Gift parasitärer oder chemischer Natur ist, erscheinen die localen Impfversuche überhaupt nicht sehr geeignet. Denn zu der eigentlichen Wirkung des Giftes auf die Gewebe gesellt sich hier immer das mechanische Moment der Anwesenheit von Fremdkörpern im Parenchym, welches noch an Bedeutung gewinnt einmal durch die Vermehrungsfähigkeit der Micrococcen und zweitens durch die Eigenschaft derselben, sich mit dem chemischen Gifte zu imbibiren und dasselbe an ihrer Oberfläche gleichsam zu condensiren, in ähnlicher Weise wie Eiweisscoagula, Fibringerinnsel und andere Stoffe (Panum [1]). Es ist also a priori wahrscheinlich, dass eine Impfung mit Bacterienmassen aus faulenden Stoffen (Micrococcencolonien, Zooglöa) ganz andere und ungleich heftigere Wirkungen zur Folge haben wird, als die Impfung mit der klaren Flüssigkeit, welche das Gift in der Regel nur in diluirtem Zustande enthält und ausserdem an der Impfstelle (Cornea) gar nicht haften kann. In der That erhält man, wie Eberth, Leber, Frisch u. A. gezeigt haben, bei der Inoculation solcher klaren, organismenfreien Flüssigkeiten, z. B. des Filtrats eines Muskelaufgusses, in die Kaninchencornea fast gar keine oder nur eine vorübergehende örtliche Reaction, während die Impfung mit dem bacterienreichen Sediment eine mehr oder weniger heftige, nicht selten maligne und bis zur Hypopyonbildung gesteigerte Keratitis erzeugt, mit reichlich in die Spalten und Safträume des Gewebes eingestreuten Microorganismen.

Für einen Nachweis der Identität des septischen Giftes mit lebenden Organismen können also derartige Versuche begreiflicher Weise nicht verwerthet werden. Eine Betheiligung der niederen Organismen lässt sich hier eben niemals ausschliessen; ebensowenig aber lässt sich auch aus dem Erfolge der Impfung beurtheilen, ob diese Betheiligung eine active oder mehr passive ist, ob die Micrococcen im lebenden Gewebe blos mechanisch als Fremdkörper und Träger des Giftes, oder biologisch als feindliche Organismen und vielleicht Erzeuger des Giftes eine Rolle spielen.

---

[1]) P. L. Panum: Das putride Gift, die Bacterien, die putride Infection oder Intoxication und die Septicämie. Virchow's Archiv. Bd. 60 (1874), S. 334—336.



Viel weniger complicirt ist die Beurtheilung der ätiologischen Verhältnisse bei den Injectionen von Faulflüssigkeiten unter die Haut, in die Venen oder in die Leibeshöhlen des Versuchsthieres. Hier treten sowohl in den Erscheinungen und dem Verlauf der septischen Allgemeininfection, als auch in dem Verhalten der Faulflüssigkeiten selbst einige bemerkenswerthe Momente hervor, welche bezüglich der Natur der wirksamen Substanzen ganz bestimmte Schlussfolgerungen gestatten.

Wir hatten bereits früher, bei Besprechung der giftig wirkenden Fäulnissproducte und der Wirksamkeit septischer Substanzen in den verschiedenen Stadien der Fäulniss, eine Reihe von Thatsachen kennen gelernt, welche in ganz directer Weise auf die chemische Natur des septischen Giftes hinweisen. Insbesondere war es der Nachweis des Vorhandenseins specifisch giftiger, zum Theil sehr deletär wirkender Zersetzungsproducte und der doch wohl sehr auffällige Zusammenhang der Wirksamkeit faulender Substanzen in den verschiedenen Stadien der Decomposition mit dem wechselnden Charakter und Mischungsverhältniss der Fäulnissproducte, welcher die Annahme chemischer Fäulnissgifte fast zur Gewissheit machte. Andererseits ist auch der oben erwähnte Umstand, dass Blut und Eiter in den ersten Stadien der Fäulniss viel giftiger wirken, als im späteren Verlauf derselben (Bergmann, Fischer), der parasitären Auffassung offenbar sehr wenig günstig. Denn, wie das Microscop lehrt, ist das numerische Verhalten der Organismen in der Regel gerade ein umgekehrtes; während in den ersten Tagen der Zersetzung, innerhalb welcher die Faulflüssigkeit ihre grösste Giftigkeit entfaltet, die Micrococcen und Bacterien meist nur spärlich in der Flüssigkeit vorhanden sind, werden sie nach einigen Wochen stets massenhaft in derselben nachweisbar, obwohl jetzt die Giftigkeit der Flüssigkeit eine viel geringere ist. Die Annahme, dass hier im Anfange specifische und besonders giftige, später nur die gemeinen und relativ unschädlichen Fäulnissorganismen in der Flüssigkeit vorhanden gewesen wären, ist eine willkürliche, durch nichts gerechtfertigte Hypothese. Wir wissen eben über einen derartigen Unterschied zur Zeit noch nichts und können auch nicht behaupten, dass die in den ersten acht Tagen auftretenden Organismen andere seien, als die in den nächsten Wochen vorhandenen. Morphologisch sind sie in der That identisch; nur das numerische Verhalten der einzelnen Formen ändert sich.

Mit Rücksicht hierauf hat man nun wiederum die schädliche Potenz einer faulenden Substanz in einer besonderen Form der Schizomyceten gesucht und die Hypothese aufgestellt, dass nur die Micrococcen für den lebenden Organismus feindselig, die Bacterien und anderen Formen dagegen unschädlich wären. Allerdings bilden die Micrococcen gerade diejenige Form der Schizomyceten, welche weitaus am häufigsten im erkrankten Körper resp. in der Leiche angetroffen wird und daher, wie Billroth bestätigt, am leichtesten in thierischen Flüssigkeiten und Geweben fortzukommen scheint. Wir haben indessen oben zahlreiche Fälle kennen gelernt, in welchen Micrococcen unter Verhältnissen auftraten, die jede feindselige ätiologische Bedeutung derselben ausschlossen. Richtig ist, dass in einer faulenden Substanz, z. B. Blut, innerhalb der ersten Periode der Fäulniss vorwiegend oder auschliesslich Micrococcen sich finden; aber unrichtig ist, dass diese Micrococcen in späteren Stadien abnehmen oder verschwinden, und nur Bakterien, Ketten, Schleimmassen und dergl. vorhanden sind. Man braucht nur eine 4—6 Wochen alte, schwach wirkende Fleischflüssigkeit microscopisch zu durchmustern, um Micrococcen in grösster Zahl, theils frei, theils in Colonien darin aufzufinden.

Alle Versuche also, die Wirksamkeit faulender Substanzen in den verschiedenen Stadien vom parasitären Standpunkte aus zu erklären, können als gescheitert betrachtet werden; sie müssen verstummen dem positiven und gesicherten Nachweise gegenüber, dass die in den einzelnen Phasen der Fäulniss gebildeten Producte nicht blos giftig sind, sondern auch hinsichtlich des Grades ihrer Giftigkeit mit dem Grade der Wirksamkeit septischer Substanzen vollkommen übereinstimmen.

Noch andere Erfahrungen, welche man bei Injectionen von Faulflüssigkeiten gemacht hat, widerstreiten der Annahme von der parasitären Schädlichkeit der Fäulnissorganismen. Namentlich spricht der Umstand, dass putride, nicht sehr frische Flüssigkeiten erst in bestimmter Dosis (4—6 Cctm. bei kleineren Thieren, bei grösseren bis zu 20—30 Cctm.) giftig wirken, trotzdem diese Flüssigkeiten von kleinsten Organismen wimmeln, entschieden gegen die parasitäre Auffassung. Denn ein Körper, dessen Giftigkeit abhängig ist von der Dosis, verhält sich offenbar nimmermehr wie ein lebender entwickelungsfähiger Organismus, sondern wie ein chemisches Gift, z. B. Opium, Strychnin und Blausäure. Für einen

echten Parasiten, der die Fähigkeit hat, in dem Körper eines gesunden Thieres sich zu vermehren, ist es ganz gleichgültig, ob er in einigen oder in vielen Tausend Exemplaren dem Organismus einverleibt wird. Höchstens kann dadurch die Zeit des Eintritts der Wirkung (Incubation) verlängert oder verkürzt werden; aber der schliessliche Effect muss, wenn überhaupt eine Vermehrung möglich ist, genau derselbe bleiben[1]).

Hierzu kommt als drittes Argument die weitere, schon früher angedeutete Erfahrung, dass die einzelnen faulenden Substanzen, welche eine verschiedenartige chemische Zusammensetzung besitzen, wie die meisten thierischen Gewebe und Flüssigkeiten, auch in ganz verschiedenem Maasse septisch wirksam sind. So wirkt z. B. ein faulender Fleischaufguss viel weniger deletär, als Blut und Eiter, und faulender Harn bekanntermassen ganz anders als ein Gewebsaufguss oder eine Fleischmaceration. Im Allgemeinen kann man sagen, dass thierische Substanzen in der Regel um so giftiger sind, je mannigfaltiger ihre Zusammensetzung und je grösser ihr Gehalt an gelösten, fäulnissfähigen Proteinverbindungen ist. Es ist augenscheinlich, dass diese Verschiedenheiten in der Wirkung nur durch die verschiedene Beschaffenheit, Menge und Concentration der Fäulnissproducte in den einzelnen Stoffen erklärt werden können. Gleichwohl hat man auch hier die Annahme specifisch verschiedener Fäulnissorganismen zu statuiren gesucht. Noch Niemandem indess ist es bisher gelungen, zwischen den Micrococcen des Harns und der faulenden Gewebe irgend welche morphologische oder biochemische oder auch nur numerische Verschiedenheiten nachzuweisen.

Um der Frage nach der Natur des septischen Giftes auf möglichst exactem Wege näher zu treten, war das Bestreben der Forscher schon frühzeitig darauf gerichtet, die chemischen Bestand-

---

[1]) Scheinbar im Widerspruch hiermit steht die Angabe von Stich, Virchow und Hemmer, dass das putride Gift wie ein Ferment wirke, d. h. schon in kleinster Menge giftig sei und ein Stadium der Incubation besitze. Diesen Widerspruch glaube ich vollkommen gelöst zu haben durch den von mir geführten Nachweis, dass in gewissen Flüssigkeiten unter noch unbekannten Bedingungen bei der Fäulniss giftige Fermente sich bilden, welche in Wasser löslich sind und auch getrennt von den Organismen ihre Wirksamkeit entfalten. Es beweist dies eben wieder die grosse Mannigfaltigkeit und Verschiedenartigkeit der durch die Fäulniss gebildeten giftigen Stoffe, welche je nach ihrer Art, Menge und Zusammensetzung natürlich auch verschiedene Wirkungen ausüben. (Vergl. meine hierauf bezügliche Arbeit: „Ueber extrahirbares septicämisches Gift.“ Centralbl. f. Chirurgie, 1876, No. 14 u. 15.)

theile und die lebenden Organismen in der faulen Flüssigkeit von einander zu trennen und jeden Factor gesondert zu prüfen. Diese Trennungsversuche bilden den Hauptgegenstand der experimentellen Forschung des letzten Decenniums und sind mannigfach variirt worden. Das überaus grosse auf diesem Gebiet angehäufte Versuchsmaterial macht ein Eingehen auf die Experimente im Einzelnen unmöglich; wir müssen uns daher mit einer kurzen Uebersicht und Kritik der erhaltenen Resultate begnügen und wollen zu diesem Zwecke die Versuche, je nach der eingeschlagenen Methode, in folgende vier Gruppen theilen:

1) Filtrations- und Diffusionsversuche;
2) Impfungen und Injectionen mit künstlich gezüchteten oder isolirten Fäulnissorganismen;
3) Experimente mit Faulstoffen, in welchen alles organische Leben (durch Siedehitze oder Chemikalien) vorher vernichtet ist;
4) Versuche mit einzelnen Fäulnissproducten.

Die Filtrationsversuche sind von allen die ältesten; sie datiren etwa seit dem Jahre 1854 (Panum) und sind seitdem am häufigsten betrieben worden. Man ging dabei von dem Gedanken aus, dass das putride Gift, wenn es chemischer Natur sei, in dem Wasser der Faulflüssigkeit gelöst enthalten sein müsse und sich dem entsprechend auch durch Filtration von den festen Bestandtheilen abscheiden lasse. Zu diesen Filtrationen waren die gewöhnlichen Filter aus Fliesspapier natürlich nicht geeignet, da Micrococcen und Bacterien, ja selbst Blutkörperchen und Eiterzellen mit Leichtigkeit durch sie hindurchgehen. Man filtrirte daher durch sehr feinporige Körper, namentlich Thonzellen, Kohle und sehr dichte Lagen von Fliesspapier, meist unter Anwendung von Aspiration mittelst der Wasserluftpumpe. Das erhaltene körperchenfreie, vollkommen klare Filtrat injicirte man dann unter die Haut oder in das Blut von Thieren und verglich seine Wirkung mit der Wirkung der festen, auf dem Filtrum zurückgebliebenen Rückstände oder der ganzen Faulflüssigkeit.

Das Resultat war bei fast allen Forschern ziemlich übereinstimmend. Man fand, dass das Filtrat im Allgemeinen viel schwächer wirkte, als die ursprüngliche faule Flüssigkeit, aber doch immer mehr oder weniger giftig war und namentlich hinsichtlich der bewirkten Krankheitserschei-

nungen der Wirkung ganzer Faulflüssigkeiten gleich oder ähnlich sich verhielt (Panum, Bergmann, Weidenbaum, v. Raison, M. Wolff, Küssner u. A.).

In zwei Punkten unterscheidet sich jedoch die Giftigkeit septischer Filtrate sehr wesentlich von derjenigen ganzer Flüssigkeiten oder der festen Rückstände: einmal sind von dem Filtrat ungleich grössere Mengen erforderlich, um bei kleineren Thieren tödtlich zu wirken, und zweitens rufen sie niemals örtliche Erscheinungen hervor, sondern immer nur die allgemeinen Symptome der septischen Intoxication (Fieber, verminderte Fresslust, nervöse Depression, Collaps, bisweilen Durchfälle). Solche einmalige Injectionen von Filtraten in nicht zu grosser Dosis werden daher von den Versuchsthieren gar nicht selten nach kurzer Krankheit überstanden, während die subcutane Einbringung der consistenten fauligen Rückstände unter der heftigsten örtlichen Reaction der Gewebe (Gangrän, Verjauchung, weit verbreitete Phlegmonen) und den schwersten Allgemeinerscheinungen fast ausnahmslos tödtlich endet.

Dieser Unterschied der Wirkung ist in der That bisweilen so auffallend, dass bei flüchtiger Beurtheilung leicht der Eindruck entstehen kann, als handle es sich hier um zwei ganz verschiedene Gifte, von denen das eine fix und vorzugsweise phlogogen[1]), das andere gelöst und wesentlich pyrogen wirksam sei. Dieser Eindruck ist dann von Forschern der parasitären Richtung gewöhnlich dahin interpretirt worden, dass man als das fixe und eigentlich deletäre Virus in faulenden Stoffen die lebenden Organismen betrachtete, welche bei der Filtration zurückgehalten werden, während gewisse von den Organismen secernirte giftige Stoffe in das Wasser der Faulflüssigkeit diffundiren und die Giftigkeit des Filtrats bedingen sollen. Es ist aber klar, dass das Gift auch in beiden Fällen sehr wohl dasselbe sein kann, nur das eine Mal in dem Wasser gelöst und also diluirt, das andere Mal an die festen Bestandtheile gebunden und concentrirt. In der That haben Beobachtungen und Erwägungen genauerer Art diese letztere Ansicht zur wahrscheinlichen gemacht.

---

[1]) Die Worte phlogogen und pyrogen sind hier nicht strenge in dem Sinne von entzündungs- und fiebererregend zu nehmen, sondern allgemeiner gefasst und bezeichnen die Gesammtheit der örtlichen bez. allgemeinen Wirkungen.



Ein Blick zunächt auf die festen Bestandtheile, welche auf dem Filtrum zurückbleiben, lehrt uns, dass es keineswegs blos Organismen sind, welche hier durch die Filtration ausgeschaltet werden, — nur in diesem Falle würde es ja zulässig sein, den Unterschied der Wirkung auf letztere zu beziehen; sondern immer sind gleichzeitig feste Faulstoffe, insbesondere thierische Gewebe und Gewebsfragmente, Blutkörperchen, Eiterzellen, Detritusmassen, Fibringerinnsel und Eiweissflocken, in grösserer oder geringerer Menge mit der Flüssigkeit vermischt. Es giebt überhaupt kaum Flüssigkeiten, welche nur aus Organismen und gelösten Stoffen bestehen, etwa wie die Nährsalzlösungen; gerade bei den gebräuchlichssen Substanzen, als Blut, Eiter und Fleischmacerationen, ist es sicherlich nicht übertrieben, wenn man annimmt, dass die Masse dieser anderen, todten Gewebsbestandtheile diejenige der Bacterien bei weitem übertrifft.

Wie sehr nun gerade diesen festen Faulstoffen eine deletäre Bedeutung bei der septischen Infection zukommt, geht aus der Erwägung hervor, dass es sich hier durchweg um in Fäulniss begriffene Stoffe handelt, in welchen also das Gift nicht blos mechanisch enthalten ist, sondern sogar continuirlich gebildet wird (vergl. Cap. II). Insbesondere bei den wässerigen Aufgüssen fester Gewebe (Muskeln, innerer Organe) ist gar keine andere Erklärung möglich, als dass das später im Filtrat nachweisbare Gift erst aus dem faulenden Gewebe in das Wasser übergegangen ist. Es muss demnach auch das septische Gift in dem faulenden Gewebe im concentrirterem Zustande enthalten sein, als in dem umgebenden Wasser, welches ja als Lösungsmittel begreiflicher Weise immer nur verdünnend auf dasselbe einwirken kann.

Es sind aber noch andere Gründe, welche die grössere Concentration des fauligen Giftes in den festen Rückständen erweisen. Panum [1]) fand nämlich, dass das beim Kochen einer putriden Flüssigkeit sich abscheidende flockige Coagulum, obwohl die Orga-

[1]) Virchow's Archiv, Bd. 60, S. 334 u. 335. Als analoge Erscheinungen betrachtet Panum die Condensation von Sauerstoff durch Platinschwamm, die Condensation verschiedener Luftarten an der Oberfläche von Metallen, von Glas, Glaspulver und frisch geglühter Kohle, sowie die Condensation verschiedener in Wasser mehr oder weniger löslicher Körper (Eiweiss, Leim, Harnsäure etc.) in poröser Kohle und endlich die Imbibitionserscheinungen, bei welchen je nach der Beschaffenheit des imbibirenden Körpers bald Wasser, bald eine andere Flüssigkeit stärker angezogen wird.



nismen darin durch die Siedehitze getödtet waren, ungleich viel giftiger wirkte, als die klare abfiltrirte Lösung. Ein nur erbsengrosses Klümpchen dieses Coagulums, in Wasser vertheilt, rief bei einem kräftigen Hunde nach Einspritzung in die V. jugularis dieselben Symptome mit gleicher Intensität hervor, welche bei einem anderen Hunde erst durch Einspritzung von 32 Cctm. des Filtrats erreicht worden waren. Hieraus schloss Panum, gestützt auf die Erfahrungen mit anderen Stoffen, z. B. den Fermenten der Drüsensecrete, „dass das Gift den Eiweissstoffen nicht nur anhafte, sondern auch, dass es an der Oberfläche derselben condensirt sein müsse." Eine ebensolche Condensation des Giftes wird man auch unbedenklich für die in faulen Flüssigkeiten suspendirten kleinsten Organismen annehmen können; es sprechen hierfür einestheils die Versuche Bergmann's, nach welchen bei der Filtration von Züchtungsflüssigkeiten immer ein Theil des Giftes von den Bacterien fixirt und daher zugleich mit ihnen zurückgehalten wird, anderntheils das Verhalten dieser Organismen gegen Farbstoffe (Jod, Carmin, Fuxin, Hämatoxylin), welche sie in höherem Maasse aufnehmen, als die umgebende Flüssigkeit.

Wir sehen also, dass Gründe genug vorhanden sind, um die Unterschiede in der Wirkung aus einer verschiedenen Vertheilung des Giftes im Rückstand und Filtrat hinreichend zu erklären. Zu diesen mehr mechanischen und quantitativen Differenzen kommen nun aber noch gewisse chemische Unterschiede.

Es ist bekannt, dass beim Filtriren organischer Substanzen durch poröse Stoffe, namentlich Kohle, die Flüssigkeiten in ihrer Zusammensetzung mehr oder weniger verändert werden, insofern gewisse Stoffe, z. B. Farbstoffe, riechende Verbindungen, in der Substanz des Filtrums hängen bleiben. Auch gehen bei der Filtration unter erhöhtem Druck die einzelnen in der Flüssigkeit gelösten Stoffe nicht mit gleichmässiger Geschwindigkeit durch die Poren des Filtrums hindurch, Eiweissstoffe z. B. viel langsamer, als strengflüssige Salzlösungen; eine eiweissreiche Flüssigkeit wird nach der Filtration, wie mich Versuche gelehrt haben, gewöhnlich ärmer an Eiweiss gefunden, als die ursprüngliche Flüssigkeit. Daraus erhellt, dass das Filtrat von Faulflüssigkeiten in seiner Zusammensetzung wesentlich alterirt sein kann. Diese Voraussetzung ist nun auch durch die praktische Erfahrung thatsächlich bestätigt

worden. M. Wolff[1]) machte zuerst darauf aufmerksam, dass, während der Rückstand faulenden Blutes intensiv stank, das Filtrat desselben auffallend wenig roch und bei wiederholter Filtration durch Thonzellen zuletzt ganz geruchlos hindurchging. Ohne Zweifel werden hierbei also gewisse Stoffe, z. B. die riechenden Substanzen, zurückgehalten. Noch genauere Beobachtungen hat in dieser Hinsicht neuerdings Sanderson[2]) gemacht. Er fand, dass putride Flüssigkeiten, in welchen alles organische Leben vorher vernichtet war, bei der Filtration durch Thoncylinder nicht blos ihren üblen Geruch, sondern auch ihre giftigen Eigenschaften zu einem nicht unerheblichen Theile einbüssten.

Die Bedeutung aller dieser Momente wird nun noch wesentlich erhöht durch den Umstand, dass, während die Filtrate bei subcutaner Application schnell resorbirt werden und nur allgemein toxisch wirken, die consistenteren fauligen Rückstände nicht blos am Orte der Einwirkung haften und local septisch wirken, sondern auch, begünstigt durch die Feuchtigkeit und Wärme des thierischen Organismus, inmitten lebender Gewebe weiterfaulen. Die fulminanten Vergiftungserscheinungen, welche wir der Einbringung faulender Muskelstückchen unter die Haut von Kaninchen örtlich und allgemein folgen sehen, finden in dieser Fortdauer der Fäulniss im Lebenden ihre ausreichende Begründung. Zu der Vergiftung des Blutes, zu den Störungen der Gesammternährung gesellt sich hier als potenzirender Factor die heftigste, bis zur Necrose gesteigerte Entzündung der Gewebe und die beständige Reproduction des durch Fäulniss gebildeten Giftes.

Durch alle die dargelegten Gründe wird also der Unterschied in der Wirkung der Filtrate und der Rückstände oder der ganzen Faulflüssigkeit vom chemischen Standpunkt aus zur vollen Genüge erklärt. Wir ersehen daraus zugleich, dass die symptomatischen Unterschiede in der Wirkung beider Factoren keine principielle, sondern nur graduelle sein können. Dementsprechend wird auch von allen unbefangenen Beobachtern die Gleichartigkeit der bei-

---

[1]) M. Wolff: Ueber Pilzinjectionen. Centralbl. f. d. med. Wiss. 1873, No. 8 u. No. 32.

[2]) B. Sanderson: Neue Versuche über den Einfluss der Filtration durch Thoncylinder auf die Vernichtung der Virulenz putrider Flüssigkeiten. (Aus dem Englischen übersetzt von A. Spina.) Wiener med. Jahrbücher, 1877, Heft 3. — Centralbl. f. Chirur. 1878, S. 172.



derseitigen Vergiftungserscheinungen ausdrücklich hervorgehoben. So giebt z. B. Panum, einer der besten Forscher auf diesem Gebiete, von seinen Filtraten an, dass sie, „selbst wenn dieselben vollkommen klar und frei von molekularen Körperchen waren, dennoch sehr giftig wirkten und alle die charakteristischen Symptome der putriden Infection hervorriefen.“ Dieselbe Erfahrung ist von Bergmann, Weidenbaum, Küssner und mir gemacht worden. v. Raison [1]) fand sogar, dass das durch Kohle erhaltene Filtrat noch giftiger wirkte, als die ursprüngliche faule Flüssigkeit; und Panum endlich zeigte, dass man von dem wirksamen Filtrat noch gewisse Stoffe als unwesentlich ausscheiden könne, und der Rest, das „putride Extract“, immer noch völlig charakteristisch wirke. —

Ein ganz ähnliches Ergebniss lieferten die Diffusionsversuche mit faulenden Substanzen. Man diffundirte gewöhnlich durch Pergamentpapier oder thierische Membranen in destillirtes Wasser hinein und prüfte alsdann die in das Wasser übergegangenen Stoffe, welche also nur von streng gelöster oder flüssiger Beschaffenheit sein konnten, durch Injection in Thiere. Obwohl nun alle bezüglich der Filtration geltend gemachten Einflüsse auf die Concentration und die Zusammensetzung einer Faulflüssigkeit in erhöhtem Maasse auch für die Diffusion gelten, so haben doch die einschlägigen, wenn auch nicht sehr zahlreichen Versuche bisher ergeben, dass die Giftigkeit des Diffusats einer faulenden Materie fast unvermindert ist (Schmitz [2]), Bergmann und Schmiedeberg, H. Fischer). Der letztere Forscher [3]) fand das Diffusat sauren und alkalischen Eiters ebenso giftig, wie den ganzen Eiter; doch waren, wie bei den Filtraten, zur Erzielung der gleichen Wirkung $^1/_2$—1 Mal grössere Mengen erforderlich. Je länger man diffundirt, desto schwächer wird das Diffusat, und nach einigen Wochen schon kann es völlig wirkungslos geworden sein. Bergmann und Schmiedeberg [4]) benutzten bekanntlich

[1]) W. v. Raison: Experimentelle Beiträge zur Kenntniss der putriden Intoxication und des putriden Giftes. Dissertat. Dorpat 1866. — 0,0036 Grm. des Filtrats (!) hatten genügt, um ein Pferd durch Injection in eine Vene zu tödten.

[2]) Schmitz: Zur Lehre vom putriden Gift. Dissertation. Dorpat 1867.

[3]) H. Fischer: Zur Lehre von der Pyämie. Centralbl. für die medic. Wissensch., 1868, S. 659 u. ff.

[4]) Centralbl. f. d. med. Wiss., 1868, S. 498.

ein solches, sehr giftig wirkendes Diffusat faulender Bierhefe zur Darstellung ihres schwefelsauren Sepsin. —

Von ganz besonderem Interesse aber sind diejenigen Diffusionsversuche, welche sich auf die Frage nach der Natur des Giftes im septicämischen Blute beziehen. Hier handelt es sich um einen Infectionsstoff, für welchen die Annahme eines belebten, parasitären Agens ausserordentlich günstig schien; daher wurde diesen Versuchen immer eine besondere Beweiskraft für oder gegen den Parasitismus der septischen Infection beigelegt. Ehe ich jedoch auf diese Versuche näher eingehe, muss ich noch Einiges bezüglich der impfbaren Septicämie selbst vorausschicken.

Schon im Jahre 1866 hatten Coze und Feltz [1]) die Uebertragbarkeit der durch putride Infection erzeugten Septicämie auf andere Thiere nachgewiesen und zugleich gefunden, dass ein solches septicämisches Blut bei subcutaner Injection stets giftiger wirkte, als einfach faules Blut. Auch Klein und Burdon-Sanderson [2]) bestätigten einige Jahre später die beträchtliche Zunahme der Virulenz septischer Flüssigkeiten bei der Injection in die Bauchhöhle von Meerschweinchen und erklärten diese Erscheinung durch eine Art „Cultivirungsprocess", d. i. eine Vermehrung des septischen Giftes, als welches sie lebende Organismen betrachteten. Welche Bedeutung und Tragweite dieser Beobachtung innewohnt, wurde jedoch erst ziffermässig gezeigt im Jahre 1872 durch Davaine.

Davaine [3]) bestätigt zunächst durch seine wichtigen und überaus interessanten Untersuchungen, dass durch die sogenannte putride oder septische Infection bei Thieren eine Krankheit erzeugt wird, welche sich von einem Thiere auf das andere durch Impfung übertragen lässt, mithin contagiös ist. Das Blut solcher Thiere zeigt dabei die merkwürdige Eigenschaft, dass das in ihm enthaltene Gift mit jeder fortgesetzten Uebertragung sich nicht blos im Körper des erkrankten Thieres reproducirt, sondern dabei zugleich an Virulenz in erstaunlichem Grade zunimmt. Wäh-

[1]) Coze u. Feltz: Recherches expérimentales sur la présence des infusoires dans les maladies infectieuses. Strassbourg, 1866.

[2]) Burdon-Sanderson: On the Pyämie. Pathol. society of London, vom 7. Mai 1872.

[3]) Davaine: Recherches sur quelques questions rélatives à la septicèmie. Bulletin de l'Aacadèmie de méd. à Paris, vom 24. Sept. 1872 u. 8. Oct. 1872 (auch Comptes rendus ,1872).



rend einfach faules Blut, in Dosen von 1—16 Tropfen geimpft, bei Kaninchen und Meerschweinchen nur in etwa der Hälfte der Fälle tödtliche Wirkungen hatte, genügten vom septicämischen Blut verschwindend kleine Bruchtheile von Tropfen, um fast ausnahmslos die acuteste, innerhalb 15—40 Stunden tödtlich endende Blutvergiftung zu erzeugen. In der Davaine'schen Experimentenreihe wurde die Inoculation bis zur 25. Generation an Kaninchen fortgesetzt; das Impfblut wurde 1—2 Stunden nach dem Tode dem Herzen der gefallenen Thiere entnommen und durch entsprechende Verdünnung mit Wasser genau dosirt. In der 10. Versuchsreihe erwies sich noch $^1/_{20000}$ Tropfen, in der 15. Reihe $^1/_{40000}$ Tropfen, in der 20. Reihe ein Milliontel bis ein Hundertmilliontel Tropfen, in der 22. Reihe ein Billiontel Tropfen und endlich in der 25. Generation sogar ein Trilliontel Tropfen (!) septicämischen Blutes der voraufgegangenen Reihe bei vier Kaninchen intensiv giftig.

Diese fast unglaublich klingenden Angaben Davaine's sind von allen späteren Forschern, insbesondere Leblanc, Vulpian, Colin, Stricker, Clementi und Dreyer, bestätigt worden. Einige namentlich von französischen Forschern anfänglich geltend gemachten Widersprüche[1]) klärten sich sehr bald dahin auf, dass die verschiedenen Thierspecies eine sehr verschiedene Empfänglichkeit für die Septicämie besitzen. Unter den Säugethieren sind besonders die Kaninchen durch eine ausserordentliche Disposition für diese Krankheit ausgezeichnet (Davaine, Vulpian, Béhier und Lionville); weniger empfänglich sind schon Meerschweinchen (Vulpian u. A.), noch weniger Hunde (Leblanc) und namentlich Pferde (Bouley), während die Vögel eine fast vollständige Immunität gegen Septicämie zeigen (Davaine). Nach späteren Untersuchungen von Dreyer[2]) scheint diese verschiedene Disposition zum Theil darin begründet zu sein, dass bei grösseren Säugethieren entsprechend grössere Mengen des Blutes zur Infection erforderlich sind; wenigstens konnte er bei Hunden genau dieselbe Virulenz mit fortgesetzter Impfung constatiren, nur betrug hier die

---

[1]) Vergl. die Verhandlungen in der Pariser Académie de méd. vom 8. October 1872, und Bulletin de l'Académie de méd., 1873, No. 3, 4 u. 5.

[2]) U. Dreyer: Ueber die zunehmende Virulenz des septischen Giftes. Archiv f. exper. Pathol. u. Pharm., 1874, Bd. II, 2. u. 3. Heft.

äusserste Grenze in der anzuwendenden Dosis $^1/_2$ Tropfen, während er bei Kaninchen noch $^1/_{10000}$ Milliontel Tropfen wirksam fand.

Ohne Zweifel handelt es sich hier also um ein specifisches, in dem Körper des erkrankten Individuums reproductionsfähiges und durch die Krankheit gewissermassen erst gezüchtetes Gift von eminent deletärer Wirkung, welches von dem „putriden Gift" der Fäulniss augenscheinlich verschieden ist und seine Entstehung, beziehungsweise seine Eigenartigkeit erst dem septicämischen Krankheitsprocess verdankt. Man könnte nun hiernach meinen, dass entsprechend den Unterschieden in den ursächlichen Giften auch die auf diese Weise durch Inoculation entstandene specifische Infectionskrankheit von der ursprünglichen septischen Infection verschieden sei; dies scheint jedoch nach den früheren Angaben Davaine's, so wie den neueren sorgfältigen Untersuchungen von Dreyer nicht der Fall zu sein. Die von Dreyer beschriebenen Krankheitserscheinungen der contagiösen Septicämie sind den bei der einfachen, primären Septicämie beobachteten zum wenigsten sehr ähnlich, wenn nicht identisch. Im Blute der gefallenen Thiere namentlich beobachtete er ganz dieselben morphologischen Veränderungen, wie wir sie früher beschrieben haben; in anderen Organen fanden sich, je nach ihrer Häufigkeit folgend, bei Kaninchen Entzündungen seröser Häute (Peritonitis, Pleuritis) und Milztumor, ferner Pneumonie, Hyperämie der Nieren, Icterus [1]) und Darmcatarrh, bei Hunden vorwiegend Darmaffectionen, seltener Pleuritis, Peritonitis und Milzvergrösserung. Daraus scheint also die Aehnlichkeit resp. Identität dieser Inoculationssepticämie mit der primären septischen Infection mit grosser Wahrscheinlichkeit hervorzugehen. Ich lege gerade auf diesen Umstand einiges Gewicht, weil dieses Beispiel meiner Meinung nach uns zum ersten Male in lehrreicher Weise zeigt, wie aus einer einfachen Vergiftung, der septischen Intoxication, durch Uebertragung und Weiterimpfung allmälig eine specifische, contagiöse und epidemisch auftretende Infectionskrankheit wird, oder mit anderen Worten, wie ein einfaches Gift, ein ursprünglich ausserhalb des Körpers durch Fäulniss gebildeter giftiger Stoff sich innerhalb des erkrankten Körpers in ein Contagium umwandelt.

---

[1]) Dieser Icterus beruht möglicherweise nur auf Suffusionen mit aufgelöstem, freiem Blutfarbstoff.

Es braucht kaum hinzugefügt zu werden, dass diese an der Septicämie gewonnenen Erfahrungen neue und beachtenswerthe Fingerzeige auf die Entstehung von Infectionskrankheiten überhaupt und auf die Bildung specifischer, sei es permanenter, sei es periodischer Contagien enthalten. Erwähnenswerth in dieser Beziehung ist noch, dass die neuerdings von Burdon-Sanderson [1]) ermittelten Thatsachen bezüglich der Uebertragbarkeit acuter Entzündungen, gleichviel, ob dieselben durch physikalische oder durch chemische oder auch septische Reize erzeugt worden waren, sehr viel Uebereinstimmendes mit obigen Erfahrungen zeigen. Auch habe ich in meiner Doctordissertation [2]) bereits auf die Bildung contagiöser Secrete bei genuinen, catarrhalischen oder durch chemische Reize erzeugten Entzündungen der Bindehaut und der Geschlechtstheile hingewiesen und darin zugleich Versuche mitgetheilt, nach welchen eine durch Ammoniakeinspritzung in die Genitalien von Hunden erzeugte eitrige Urethritis und Vaginitis wiederum ein ansteckendes, impfbares Secret lieferte (Trippercontagium).

Kehren wir nach dieser Abschweifung zu der Frage nach der Natur jenes septicämischen Giftes zurück, so ist klar, dass alle Erscheinungen, insbesondere die Wiedererzeugung des Giftes durch die Krankheit und seine Vermehrung resp. Steigerung in derselben, in erster Linie für die Annahme eines belebten, vermehrungsfähigen Agens sprechen. Dieser Ansicht haben auch alle früheren Forscher, insbesondere Daveine selbst, sich hingegeben. Nichts lag hier näher, als die Wirksamkeit eines specifisch pathogenen Parasiten anzunehmen, der in dem Körper des erkrankten Thieres bei jeder fortgesetzten Uebertragung entweder sich mit wachsender Schnelligkeit vermehrt oder immer giftigere Stoffe ausscheidet. Ist letzteres mit Rücksicht auf die stets gleichbleibende Beschaffenheit des Giftes auch nicht gerade wahrscheinlich, so würde doch in beiden Fällen jedenfalls zuerst der optische Nachweis des Vorhandenseins von lebenden Parasiten im Blute

---

[1]) S. Burdon-Sanderson: On the infective product of inflammation. The Lancet, 1873, No. 21. Deutsch in den Wien. med. Jahrb., 1873, Heft 3. — „Weitere Untersuchungen über mitgetheilte Entzündungen.“ Wiener med. Jahrb., 1876, S. 417.

[2]) Arn. Hiller: Untersuchungen über die Contagiosität purulenter Secrete. Dissertation. Berlin 1872.



erforderlich sein. Auch eine wirksame Uebertragung wird in beiden Fällen kaum anders gedacht werden können, als durch eine Mitübertragung dieses Parasiten mit jedem Bruchtheil des Tropfens.

Mit Beziehung hierauf ist aber hervorzuheben, dass der microscopische Befund im septicämischen Blute dieser Voraussetzung keineswegs entspricht. Fast alle Beobachter stimmen in ihren Angaben darin überein, dass der Befund von niederen Organismen (Micrococcen) in dem unmittelbar nach dem Tode entnommenen wirksamen Blute nur ein spärlicher, häufig sogar ein sehr unsicherer ist, da sich vereinzelte Micrococcen von anderen unbelebten Körnchen (Zerfallskörperchen, Detritus) nicht mit genügender Sicherheit unterscheiden lassen. Auch im Blute der lebenden Thiere sind die microscopischen Befunde nicht selten vollständig negativ ausgefallen; höchstens sah man vereinzelte Körnchen, oft nicht in grösserer Anzahl als im gesunden Blut, deren Natur überdies zweifelhaft blieb (Stricker [1]), Clementi [2])).

Mehr noch als diese Beobachtungen sprechen jedoch gewisse Erwägungen gegen die Betheiligung der Micrococcen an der Uebertragung. Wenn das septicämische Blut mit jeder folgenden Inoculation seine Virulenz in dem Grade potenzirt, dass immer kleinere, ja zuletzt verschwindend kleine Bruchtheile desselben wirksam werden, so müsste natürlich auch die Zahl der Micrococcen dabei in einem ganz entsprechenden Verhältniss wachsen, derart, dass jeder bei der Impfung noch wirksame Bruchtheil mindestens 1 Exemplar dieses Micrococcus enthielte. Diese Voraussetzung hat jedoch von keinem der bisherigen Beobachter bestätigt werden können; niemals war die Menge der Micrococcen oder anderen Körnchen in dem Blute der 20. Impfgeneration grösser, als in demjenigen der 2. oder 5. Generation (Stricker, Clementi und Thin, Dreyer.) Mit derselben Sicherheit, mit welcher jedes Billiontel eines septicämischen Bluttropfens bei der Inoculation tödtliche Septicämie erzeugt, müsste auch bei jeder-Impfung je ein wirksamer Micrococcus mit übertragen werden; der ganze Tropfen müsste also wenigstens 1 Billion Micrococcen enthalten,

---

[1]) Stricker: Ueber die Vergiftung des Blutes durch die Producte der Fäulniss. Vortrag, geh. in der Gesellsch. d. Aerzte in Wien am 16. Mai 1873.

[2]) G. Clementi: Experimentelle Untersuchungen über das Vorkommen von Bacterien im Kaninchenblute bei Septicämie. Wien. med. Jahrb., 1873, Bd. III, S. 1—12.

d. h. so vollständig von ihnen erfüllt sein, dass das Gesichtsfeld von Micrococcen geradezu starrte. Dagegen spricht aber der unmittelbare Augenschein. Ein Tropfen Blut mit einer Billion kleinster Organismen, vorausgesetzt, dass er dieselben überhaupt fassen könnte, würde gar nicht mehr flüssig, sondern zu einer schwer beweglichen breiigen Masse erstarrt sein. Den Raum eines Tropfens zu 50 Ckmm. und den Durchschnitt eines Micrococcus zu $^1/_{1000}$ Mm. gerechnet, so reichten gerade 50,000 Millionen dieser kleinsten Geschöpfe bereits hin, jenen Raum vollständig auszufüllen; es wäre dabei nicht einmal Platz mehr für die Blutkörperchen und das Plasma. Eine Billion Micrococcen würde dagegen den 20fachen Raum, d. i. 1000 Cbmm. = 1 Cbctm. einnehmen. Kurz, die Hypothese, dass die zunehmende Virulenz des septicämischen Blutes auf einer Vermehrung der Micrococcen beruhe, ist in ihren Folgerungen thatsächlich unmöglich; sie wird auch schon durch die Beobachtung auf das stricteste widerlegt.

Wenn man die bei der impfbaren Septicämie gewonnenen experimentellen Erfahrungen unbefangen prüft, so ist klar, dass alle Erscheinungen fast mit Nothwendigkeit auf die Annahme eines chemischen Giftes hindeuten. Die ganz enormen Verdünnungen, in welchen der septicämische Blutstropfen noch wirksam ist, die Sicherheit der Inoculation, der schnelle, acute Verlauf und der exquisit toxische Charakter der Vergiftung lassen sich kaum anders erklären, als durch die Gegenwart eines löslichen und gleichmässig über die ganze Wassermasse vertheilten giftigen Stoffes, welcher hinsichtlich seiner Wirksamkeit mit den stärksten bisher bekannten Giften, mit der Blausäure und dem Strychnin, wetteifert. Die Angabe Dreyer's, dass bei grösseren Thieren (Hunden) entsprechend grössere Dosen der Verdünnungsflüssigkeit erforderlich sind, und diejenige Davaine's, dass manche Thierspecies (Vögel) vollständig immun gegen das Gift sind, stimmen mit den Erfahrungen bei anderen chemischen Giften vollkommen überein.

Wie man sich dieses Gift nun im Körper entstanden denken will, ob durch einen Stoffwechselprocess von Parasiten oder durch gewisse fermentative Vorgänge im erkrankten Organismus, ist vor der Hand für die Frage von der Natur des Giftes nicht so wichtig. Dass eine Mitübertragung von Parasiten bei der Inoculation jedenfalls nicht nothwendig ist, scheint mir aus obigen Verdünnungs-

versuchen zur Genüge hervorzugehen; dies wird auch durch weiter unten gleich zu erwähnende Versuche noch mehr erhärtet. Dagegen spricht eine Reihe anderweitiger Erfahrungen dafür, dass die Quelle der Bildung des Giftes im erkrankten Organismus selbst zu suchen ist, und zwar dass es kein vitales Stoffwechselproduct desselben, sondern ein postmortal sich bildendes Zersetzungsproduct ist.

Davaine wies zuerst darauf hin, dass das den lebenden Thieren während der Krankheit entnommene Blut bei der Inoculation regelmässig unwirksam ist; Injectionen solchen Blutes haben weder den Tod, noch überhaupt Infectionserscheinungen zur Folge. Diese Angabe ist auch durch Dreyer vollinhaltlich bestätigt worden. Nach weiteren Erfahrungen dieser Forscher liegt das wirksamste Stadium des septicämischen Blutes in dem Zeitraum unmittelbar nach dem Tode des Thieres; das innerhalb der ersten vier Stunden post mortem dem Herzen entnommene Blut zeigt stets die grösste Virulenz. Später, mit dem Eintritt stinkender Fäulniss, wird es unwirksam; zunächst nimmt seine Giftigkeit mit der fortschreitenden Decomposition, die hier ungewöhnlich schnell erfolgt, ab und geht dann schliesslich in die Eigenschaften des gewöhnlichen „faulen Blutes“ über (Davaine, Dreyer). Die Bildung des septicämischen Giftes ist also, wie aus diesen Angaben ersichtlich, an eine ganz bestimmte Zeitperiode geknüpft, und zwar an eine Periode, welche nicht mehr dem Leben, sondern bereits der Fäulniss angehört. Es kann also das Gift auch kein Stoffwechselproduct des lebenden Organismus sein, sondern nur ein Fäulnissproduct des abgestorbenen, dessen Entstehung nur dadurch dem Leben so nahe gerückt wird, dass die voraufgegangene septicämische Krankheit, wie mehrfach hervorgehoben, den Eintritt postmortaler septischer und möglicherweise auch specifischer Veränderungen in hohem Maasse begünstigt.

In dieser Hinsicht zeigt also das septicämische Gift mit dem septischen oder putriden Gift manche Uebereinstimmung. Auch bei letzterem, sahen wir, liegt die Zeit der grössten Giftigkeit innerhalb der ersten Periode der Zersetzung, und mit fortschreitender Fäulniss nimmt seine Wirksamkeit ebenfalls continuirlich ab. Nur erfolgt die Bildung des septicämischen Giftes viel schneller und ist die Dauer seiner Wirksamkeit viel flüchtiger, als bei jenem, was sich eben ungezwungen aus dem schnelleren Verlauf der Zer-

setzung erklärt. Trotz dieser Uebereinstimmung und trotz der unverkennbaren Aehnlichkeit ihrer beiderseitigen Wirkungen ist man, glaube ich, doch wohl genöthigt, gewisse Verschiedenheiten zwischen beiden Giften anzunehmen und das „septicämische Gift“ als ein ganz specifisches Zersetzungsproduct des Blutes zu betrachten, welches wohl auch bei gewöhnlicher Fäulniss unter Umständen entstehen mag — die Erfahrungen am Blut (Bergmann, Verfasser) sprechen hierfür —, aber doch unter den ganz besonderen Bedingungen, nämlich bei der Fäulniss nach voraufgegangener Septicämie, vorzugsweise gebildet wird. Das Gift wird also auch nicht, wie bisher allgemein angenommen, durch die Krankheit reproducirt, sondern erst durch den Fäulnissprocess, welcher dieser Krankheit folgt. Die Steigerung der Virulenz bei fortgesetzter Transmission könnte man sich so erklären, dass das Gift bei jeder nachfolgenden Regeneration entweder in immer grösserer Reinheit oder in immer stärkerer Concentration auftritt. Die Möglichkeit der Bildung specifischer, ungemein deletärer und zum Theil fermentartig wirkender Gifte durch die Fäulniss ist in dem vorigen Capitel ausführlich erörtert worden; auch steht der Annahme nichts entgegen, dass durch fortgesetzte Uebertragung septischer Stoffe (Fermente) aus einer faulenden Materie in eine gleich zusammengesetzte andere, z. B. von Blut zu Blut, von Eiter zu Eiter, gewisse Umsetzungsprocesse unter besonders günstigen Bedingungen, wie sie im vorliegenden Falle durch die Krankheit repräsentirt werden, zu immer grösserer Reinheit sich ausbilden.

Wie dem auch sein mag, das eine scheint mir nach den vorliegenden Erfahrungen jedenfalls festzustehen, dass das septicämische Gift gerade ebenso, wie das putride Gift, in die Kategorie der „Fäulnissgifte“ gehört; damit wächst aber das Interesse, auch für diesen Körper, der in so mancher Beziehung Aehnlichkeit mit dem Verhalten eines Parasiten zeigt, nachzuweisen, ob es sich hier um ein vitales oder um ein chemisches Agens handelt. Ist auch in Vorstehendem bereits die Unhaltbarkeit der ersteren Annahme eingehend begründet worden, so erfordert doch die Vollständigkeit des Beweises noch die positive Bestätigung der letzteren. Dieser Nachweis ist nun durch die Diffusionsversuche in überzeugender Weise geführt worden.

Bald nach dem Bekanntwerden der Impfversuche Davaine's

theilte Onimus [1]) eine Reihe von Trennungsversuchen mit, welche der Davaine'schen Ansicht von der parasitären Natur des septicämischen Giftes günstig erschienen. Er hatte theils faulendes Blut, theils septicämisches Blut von Kaninchen durch Pergamentpapier in Wasser dialysiren lassen und die Wirkung des Dialysats mit der Wirkung des Blutes verglichen. Ersteres konnte Kaninchen in verschieden grossen Mengen injicirt werden, ohne dieselben zu tödten, ja oft sogar ohne Fieber zu erzeugen, während 1 Tropfen des Blutes in kurzer Zeit tödtlich wirkte. Daraus schloss Onimus, dass das septicämische Gift nicht dialysirbar sei. Dieser Schluss erscheint jedoch nicht ganz gerechtfertigt, da bei der leichten Veränderlichkeit des Giftes die Möglichkeit einer septischen Zersetzung nicht ausgeschlossen war, durch welche ja das Gift unwirksam wird; es spricht für das Vorhandensein solcher Zersetzungen der Umstand, dass in dem Wasser des Dialysators, wie Onimus angiebt, in reichlichster Menge Fäulnissorganismen sich entwickelten. Ausserdem ist aber seine Angabe vollständig widerlegt worden durch Stricker [2]), Clementi und Thin [3]). Diese Forscher fanden das Dialysat septicämischen Durchgangsblutes ausnahmslos und in hohem Grade giftig; ja selbst einige Stunden lang gekochtes Durchgangsblut hatte seine Giftigkeit nicht verloren. 8 mit dem Dialysat geimpfte Kaninchen gingen sämmtlich in kurzer Zeit zu Grunde, während das Dialysat gesunden Blutes sich wirkungslos erwies.

Durch alle diese Versuche ist hinlänglich erwiesen, 1) dass das durch Fäuniss gebildete putride und septicämische Gift filtrir- und diffundirbar ist, mithin gelöst in der Flüssigkeit enthalten sein muss, und 2) dass für das Zustandekommen der putriden resp. septicämischen Infection mit völlig characteristischem Gepräge die Mitbetheiligung lebender Fäulnissorganismen jedenfalls nicht nothwendig ist.

Eine andere Frage aber ist die, ob die Gegenwart kleinster Organismen, da wo sie stattfindet, für die septische Infection über-

---

[1]) Gazette hebdom. 1873, No. 10 u. 11.

[2]) Gesellschaft d. Aerzte zu Wien, vom 16. Mai 1873 (Allg. Wien. medic. Zeitung, Mai 1873).

[3]) Clementi u. G. Thin: Untersuchungen über die putride Infection. Wien. med. Jahrb., 1873, Heft 3, S. 1—12.

haupt gleichgültig ist, oder ob ihnen nicht doch etwa ein gewisser deletärer Einfluss auf die Dauer und Schwere der Krankheitserscheinungen und damit zugleich auf die Art des Kranheitsausganges zugeschrieben werden muss. Ueber diese Frage schienen die namentlich im jüngsten Decennium mit so grossem Eifer betriebenen Injectionen mit künstlich gezüchteten kleinsten Organismen den erswünschten Aufschluss zu geben.

Pasteur hatte nämlich bei seinen schönen Untersuchungen über die Ernährungs- und Stoffwechselverhältnisse der Hefeorganismen die wichtige Beobachtung gemacht, dass diese kleinste, chlorophylllose Vegetation der vorgebildeten organischen Substanz zu ihrer Ernährung gar nicht bedarf, wie man bis dahin angenommen hatte, sondern sich in völlig normaler Weise entwickelt in mineralischen Salzlösungen, welche den zum Aufbau ihrer Zellen nothwendigen Stickstoff, Kohlenstoff und die Salze in Form von Kandiszucker, weinsaurem Ammoniak und Hefeasche enthalten. In solchen Salzlösungen gedeihen auch Schizomyceten vortrefflich. Später sind von Burdon-Sanderson und Ferd. Cohn noch viel einfachere Lösungen angegeben worden, z. B. Auflösungen von weinsaurem Ammoniak 0,5 pCt., phosphorsaurem Kali 0,1 pCt. und Spuren von Natron-, Kalk- und Magnesiasalzen, die jedoch nach ihrem ursprünglichen Erfinder noch immer als „Pasteur'sche Lösungen“ bezeichnet werden. In solchen Nährflüssigkeiten also vermehren sich die Bacterien, wenn auch nur in Spuren übertragen, bei genügender Wärme innerhalb weniger Tage bis zur macroscopisch sichtbaren Trübung, welche anfangs staubförmig erscheint, später milchig und sedimentirend wird. Die so getrübten Züchtungsflüssigkeiten hat man dann zu verschiedenen Zeiten der Cultur, häufig vergleichsweise mit den Faulflüssigkeiten, welchen die Organismen entstammten, Thieren unter die Haut oder in die Venen injicirt.

Die Resultate dieser Versuche zeigen jedoch sehr auffallende Verschiedenheiten. Während eine Reihe von Forschern Abscesse, Phlegmonen, Allgemeinerscheinungen und nicht selten tödtlichen Ausgang erhielt (Bergmann, Tiegel u. A.), konnten andere Experimentatoren, wie Onimus, M. Wolff, v. Brehm, Lewitzky und Verfasser durch solche Injectionen keine der septischen Infection ähnliche Erscheinungen erzielen. In einer ganzen Reihe von Versuchen blieben hier die Injectionen gezüchteter Bacterien

überhaupt wirkungslos; in anderen Versuchen traten allerdings örtliche und allgemeine Reactionserscheinungen auf, z. B. Entzündüngen, Abscesse und Fieber, jedoch im Allgemeinen von sehr wenig specifischem und namentlich sehr wenig malignem Charakter. Auch Bergmann [1]) giebt zu, „dass sehr oft grosse Mengen lebhaft schwärmender und sich bewegender Bacterien ins Unterhautzellgewebe gebracht werden können, ohne irgend eine allgemeine oder örtliche Störung zu erzeugen.“ H. v. Brehm [2]), welcher mit gezüchtetem „Microsporon septicum“ experimentirte, wie Tiegel, konnte das für die Septicämie charakteristische Krankheitsbild nicht erzeugen, und M. Wolff [3]) konnte „specifische Blutbacterien“, welche aus sehr giftig wirkender Blutflüssigkeit in Pasteur'sche Lösung übertragen waren, in Mengen von 4 Cctm. und darüber Meerschweinchen und Kaninchen injiciren, ohne die geringste septische Wirkung.

Diese Widersprüche in den Resultaten sind in der That höchst auffallend. Wie dieselben aber auch zu erklären sein mögen, so viel steht jedenfalls fest, dass das Gesammtresultat dieser Versuche den anfänglich gehegten Erwartungen von der Feindseligkeit der Bacterien in keiner Weise entsprochen hat. In den negativ ausgefallenen Versuchen können die injicirten Organismen wohl unbedenklich als unschädlich betrachtet werden; aber auch in den Versuchen mit wirksamem Resultat erweist sich bei näherer Betrachtung die parasitäre Schädlichkeit der Bacterien keineswegs als so bedeutend, wie man früher angenommen hat.

Vergleicht man die Wirkung der Züchtungsflüssigkeiten mit der Wirkung der Faulstoffe selbst, so haben erstere, wie allgemein zugegeben wird, obwohl die Zahl der in ihnen enthaltenen Organismen eine viel grössere ist, stets eine weit schwächere Wirksamkeit entfaltet, als die letzteren. Gewöhnlich waren viel grössere Dosen der Züchtungsflüssigkeit nöthig, um die Thiere tödtlich zu

---

[1]) Bergmann: Ein experimenteller Beitrag zur Lehre von den septischen Entzündungen. Vortrag, geh. auf d. II. Congress d. Deutsch. Gesellschaft f. Chirurgie, 1873.

[2]) v. Brehm: Zur Mycosis septica. Inaug.-Diss. Dorpat 1872.

[3]) M. Wolff: Ueber Pilzinjectionen. Centralbl. f. d. med. Wiss., 1873, No. 32 u. 33 (vergl. auch ibidem No. 8). — Die Bezeichnung „Bacterien“ ist hier, wie in der obigen Darstellung, stets als Gattungsbegriff gebraucht (nach F. Cohn) und umfasst daher ebensowohl die Micrococcen, wie die eigentlichen, stäbchenförmigen Bacterien.



vergiften, als von der entsprechenden Faulflüssigkeit (Blut, Eiter), aus welcher die Organismen stammten. Wenn aber üppige Bacterienculturen erst in Dosen von mehreren Cubikcentimetern bei ganz kleinen Thieren anfangen nachtheilig zu werden, bei grösseren Thieren viel häufiger wirkungslos sind, so muss man hier doch weit eher an eine toxische Wirkung irgend welcher schädlicher Chemikalien denken, als an eine parasitäre Wirkung von lebenden Organismen, welche im Körper des inficirten Thieres sich vermehren sollen. Ist eine Vermehrung im gesunden thierischen Körper überhaupt möglich, so müsste die Einführung weniger Exemplare genügen, um nach einiger Zeit die typische Erkrankung hervorzurufen; gehören aber hierzu, wie die Versuche lehren, erst relativ grosse Mengen der Flüssigkeit, welche Milliarden jener kleinsten Geschöpfe enthalten, so beweist dies, dass nicht die Bacterien an sich als lebende Organismen die Ursache der Erscheinungen sein können, sondern dass neben den Organismen noch irgend ein Stoff in der Flüssigkeit vorhanden sein muss, welcher die Vergiftung des Thieres herbeiführt. Dieser Schluss ist auch vollkommen bestätigt worden durch die Versuche von Lewitzky [1]) und Anders [2]), welche zeigten, dass die toxischen Wirkungen, welche nach der Einführung bacterienreicher Züchtungsflüssigkeiten in das Blut auftreten, von der Gegenwart und dem Leben der Bacterien unabhängig sind. Eine 27 Mal hinter einander durch dichtes Fliesspapier filtrirte Pasteur'sche Lösung bewirkte noch genau die gleichen Fiebererscheinungen, wie die nicht filtrirte Züchtungsflüssigkeit. Ja, Anders konnte sogar die Organismen in der Nährflüssigkeit tödten, durch Zusatz parasiticider Stoffe, wie Salicylsäure, Benzoësäure und Chlorwasser, in Mengen, welche L. Bucholtz [3]) für gezüchtete Bacterien als völlig hinreichend erkannt hatte, und fand die Giftigkeit der so behandelten Züchtungsflüssigkeiten unvermindert.

Diesem Ergebniss widersprechen auch nicht die Angaben mehrerer Forscher, dass der organismenreiche Rückstand filtrirter

---

[1]) P. Lewitzky: Zur Frage über die Substanzen, welche die Temperatur des thierischen Körpers erhöhen. Centralbl. f. d. med. Wiss., 1873, No. 46.

[2]) E. Anders: Die giftige Wirkung der durch Bacterien getrübten Pasteur'schen Nährflüssigkeit. Deutsche Zeitschr. f. Chirurgie, 1876, Bd. VII, S. 1 u. ff.

[3]) L. Bucholtz: Antiseptica und Bacterien. Archiv f. exper. Pathol. u. Pharm., 1875, Bd. IV, S. 1 u. ff.

Züchtungsflüssigkeiten stets giftiger wirkt, als das organismenfreie Filtrat derselben. Bei der Besprechung des physikalischen Einflusses der Filtration haben wir Gründe genug dafür angeführt, dass das Gift den festen, körperlichen Elementen in concentrirterem Maasse anhaftet, als der umgebenden Flüssigkeit. Zu demselben Schluss gelangte auch Bergmann [1]) in seinen Versuchen, und Anders bewies die Richtigkeit dieser Schlussfolgerung, indem er durch Auswaschen des bacterienreichen Rückstandes mit destillirtem Wasser das Gift von den Organismen vollständig trennte. Eine örtliche Giftwirkung wird aus demselben Grunde, wie leicht ersichtlich, auch nicht wohl zu Stande kommen können ohne die Mitwirkung der körperlichen Elemente, da nur diese im Stande sind, am Orte der Application, im Bindegewebe und den Muskeln, zu haften.

Aber niemals haben derartige örtliche Applicationen von gezüchteten Fäulnissorganismen Wirkungen ergeben, wie sie nach der Einbringung septischer Stoffe an Thieren beobachtet werden. Auch hier war die örtliche Reaction stets ungleich milder, als sie nach der Einwirkung von faulem Blut, Eiter oder Muskelstückchen aufzutreten pflegt; niemals erhielt man jene hämorrhagisch-jauchigen Phlegmonen mit progredientem Charakter, niemals jene maligne septische Gangrän, welche unter stürmischen Vergiftungserscheinungen zum schnellen Tode führt, sondern im günstigsten Falle nur gutartige eiterbildende Entzündungen, wie sie durch zahlreiche andere mechanische und chemische Reize erzeugt werden. Ja, in vielen Fällen blieb die örtliche Einwirkung überhaupt reactionslos. Auch die allgemeinen Vergiftungserscheinungen zeigen in den Versuchen mit positivem Ergebniss bei genauerer Betrachtung mit der septischen Infection sehr wenig Aehnlichkeit. Nichts von Darmaffectionen, von Depression der Centra des Bewusstseins und der Empfindlichkeit, von jener tiefen Prostration, welche die putride Vergiftung kennzeichnet; gewöhnlich wird in den einschlägigen Versuchen nur von Temperaturerhöhung und tödtlichem Ausgang berichtet. In dieser Beziehung ist aber zu bemerken, dass das Fieber bei septischer Infection weder typisch, noch überhaupt constant ist, und andererseits, dass septische Infection vollkommen

[1]) E. Bergmann: Zur Lehre der putriden Infection. Deutsche Zeischr. f. Chirurgie, 1872, Bd. 1, S. 1.



charakteristisch verlaufen kann, ohne gerade tödtlich zu enden (Panum). Zudem sind jene tödtlichen Erfolge fast durchweg nur an sehr kleinen Thieren (Kaninchen, Meerschweinchen) erzielt worden, während grössere, widerstandsfähigere Thiere, z. B. Hunde, die doch bekanntlich für septische Infection nicht minder empfänglich sind, die Injectionen von Züchtungsflüssigkeiten (in entsprechender Dosis) nach meinen Versuchen in der Regel überstanden. Für die Beurtheilung aller jener Versuche mit positivem Resultat scheint mir, gewissermassen als illustrirendes Beispiel, sehr beachtenswerth, dass ein Kenner wie Panum nach eigenem Ausspruch „bei Durchsicht der Versuche Tiegel's den für die putride Infection charakteristischen Symptomencomplex nicht hat wiedererkennen können [1]).

Fragen wir uns nun nach der Natur und Herkunft des in Züchtungsflüssigkeiten enthaltenen phlogogenen und pyrogenen Agens, so ist klar, dass dasselbe nur ein Stoffwechselproduct der gezüchteten Organismen sein kann. Die Pasteur'sche Lösung an und für sich ist in den üblichen Dosen meistens unschädlich; ebenso ist dieselbe sehr wenig schädlich, wenn sie noch frisch ist, aber bereits sehr viele Bacterien, insbesondere Micrococcen, enthält (Lewitzky, Verf.); entzündungs- und fiebererregende Wirksamkeit erlangt sie gewöhnlich erst nach einiger Dauer der Vegetation. Mithin kann die schädliche Substanz wohl nur erst durch diese erzeugt worden sein.

Wir wissen nun aus den Untersuchungen von Bucholtz [2]), dass die Bacterien in Nährflüssigkeiten von obiger Zusammensetzung, die also ausser Wein- oder Citronensäure nichts Organisches enthalten, eine Reihe von Körpern aus der Gruppe der Fettsäurereihe bilden, nämlich Ameisensäure, Essigsäure und geringe Mengen von Buttersäure, in zuckerhaltigen Nährflüssigkeiten ausserdem noch Bernsteinsäure und Glycerin. Dass aber alle diese Stoffe für den thierischen Organismus nicht gleichgültig sind, dass sie bei genügender Menge und Concentration im Stande sind, im Zellgewebe Entzündung und im Blute Fieber zu erzeugen, wird Niemand leugnen. Die erhaltenen positiven Resultate bei der An-

---

[1]) a. a. O. S. 333.

[2]) L. Bucholtz: Ein Beitrag zur Kenntniss der Ernährungsverhältnisse von Bacterien. Archiv f. exper. Pathol. u. Pharm., Bd. VII, S. 81—100.

wendung von künstlichen Bacterienculturen lassen sich also sehr wohl aus der Wirkung jener sauren Umsetzungsproducte erklären, ohne dass man nöthig hat, eine parasitäre Wirkung der injicirten Bacterien dafür in Anspruch zu nehmen. Ob die Schizomyceten in faulenden Stoffen andere, vielleicht specifische Stoffe erzeugen, oder ob diese Stoffe mit jenen Producten mehr oder weniger übereinstimmen, lässt sich natürlich bis jetzt in keiner Weise behaupten; diese Frage wird erst durch eine genauere Erforschung des Antheils der Bacterien an dem Chemismus der Fäulniss (Capitel IX) mit einiger Sicherheit zu entscheiden sein. Vor der Hand lässt sich aus allen jenen Versuchen mit künstlich gezüchteten Fäulnissorganismen nur der Schluss ziehen, dass die Rolle der Bacterien bei der Erzeugung septischer Krankheitsprocesse jedenfalls keine so grosse ist, als ihnen von mancher, namentlich anatomischer Seite noch viefach zuerkannt wird. —

Um dem im Jahre 1873 immer noch lebhaften Widerstreit der Ansichten über die Schädlichkeit oder Unschädlichkeit der Bacterien auf einem anderen, möglichst correcten Wege näher zu treten, hatte ich um jene Zeit versucht, die Organismen aus den giftig wirkenden Stoffen zu isoliren. Ich musste mir nach mehrfachen Ueberlegungen sagen, dass sich der fragliche parasitäre Einfluss der Micrococcen oder Bacterien exact nur werde entscheiden lassen, wenn es gelinge, die Organismen ganz allein auf den Thierkörper einwirken zu lassen und jeden chemischen Einfluss im Experiment auszuschliessen.

Hierzu war allerdings erforderlich, einmal die Organismen von den putriden Stoffen oder den Züchtungsflüssigkeiten möglichst vollständig zu trennen, zweitens sie dabei lebens- und actionsfähig zu erhalten, und drittens sie in irgend eine zum Experiment verwendbare Form zu bringen. Die Lösung dieses Problems ist mir, wie ich glaube, nach mannigfachen Versuchen auch einigermassen gelungen. Ich habe, wie ich in mehreren Arbeiten des Jahres 1874 bereits mitgetheilt habe [1]), die Fäulnissorganismen in

[1]) A. Hiller: Untersuchungen über die Bacterien und ihre Beziehungen zum lebenden Organismus. Allg. med. Centralzeitung, 1874, No. 1 u. 2.
— Ein experimenteller Beitrag zur Lehre von der organisirten Natur der Contagien und von der Fäulniss. Vortrag, geh. auf d. IV. Chir.-Congress 1875. v. Langenbeck's Archiv f. klin. Chirurgie, Bd. XVIII, S. 669—697.

den verschiedenartigsten Vegetationsformen und den mannigfachsten Entwickelungsstadien, als Micrococcen (Monaden), Stäbchen, Ketten, Fäden und Colonien, aus klaren faulenden Nährstoffen (Blutserum, Eiweisslösungen, Fleischwasser, Harn, Züchtungsflüssigkeiten) theils durch wiederholte Filtration durch Thonzellen und Auswaschen des Rückstandes mit destillirtem Wasser, theils durch Diffusion durch thierische Membranen, theils durch Gefrierenlassen und Wiederaufthauen nach der von Bergmann angegebenen Methode, endlich auch durch einfaches Abheben der frühzeitigen zarten Bacterienhäutchen von der Oberfläche mit einem Glasstabe abgeschieden und in einer entsprechenden Menge destillirten Wassers vertheilt. In den beiden letzteren Methoden wurde die Trennung der Organismen von den anhaftenden chemischen Stoffen durch nachfolgende Diffusion oder Filtration in der Regel noch vervollständigt.

Die so erhaltene, gleichmässig getrübte, lichtgraue Isolationsflüssigkeit enthielt Micrococcen und Bacterien in einem ganz ähnlichen Mengenverhältniss, wie die ursprüngliche Mutterflüssigkeit. Durch genaue Controlversuche überzeugte ich mich in jedem einzelnen Falle, dass die in das Wasser transplantirten kleinsten Organismen ihre Vitalität nicht eingebüsst hatten. Ein Tropfen dieser Isolationsflüssigkeit zu vorher gekochter Pasteur'scher Nährflüssigkeit gesetzt, rief in derselben bei genügender Wärme (25 bis 35 ° C.) ohne Ausnahme die üppigste Bacterienvegetation hervor. Dieser Nachweis der erhaltenen Vitalität war von grundlegender Wichtigkeit, da ohne die Fähigkeit der Ernährung und Vermehrung an eine parasitäre Leistung dieser Organismen natürlich nicht zu denken war.

Wenn nun also Micrococcen oder andere Fäulnissorganismen die Fähigkeit haben, in den Geweben und Säften des gesunden Körpers sich weiter zu entwickeln, wenn ferner von dieser Vermehrung innerhalb der lebenden Gewebe ihre Fähigkeit abhängt, Entzündung, Eiterung und Fieber zu erregen, kurzum den gesunden Körper krank zu machen, so waren hier meines Erachtens alle Bedingungen für das Zustandekommen dieser Wirkung gegeben. Allein der Versuch hat diese Voraussetzungen nicht bestätigt. Hunden, Kaninchen und Fröschen konnten in über 100 Versuchen 0,5—4,0, ja selbst bis 8 Cctm. der Isolationsflüssigkeit, auf einmal oder in getheilten Dosen, unter

die Haut, in die Rückenmusculatur und in das Gefässsystem injicirt werden, ohne Entzündung und Fieber oder irgend einen anderen derjenigen Krankheitszustände hervorzurufen, welche man unter dem Namen der septischen oder putriden Infection zusammenfasst. Die einzige Wirkung, welche ich beobachtete, war ein geringes locales Oedem an der Einstichstelle, welches bei Kaninchen bisweilen zu schwieligen Verdickungen führte, und bei letzteren auch eine flüchtige Temperatursteigerung um 0,5°—0,8° C., was bei diesen so leicht fiebernden Thieren natürlich gar nichts zu bedeuten hat. An mir selbst habe ich sogar bei Gelegenheit meines Vortrages auf dem IV. Chirurgencongress wiederholte Impfungen mit ausgewaschenen Bacterienmassen vorgenommen, ja schliesslich mir noch durch meinen Freund Wilh. Koch eine halbe Pravaz'sche Spritze voll unter die Haut des linken Vorderarms injiciren lassen, ohne etwas Anderes als ein locales, schnell vorübergehendes Oedem davonzutragen[1]).

Eine besondere Versuchsreihe stellte ich zu dem Zwecke an, das Verhältniss der Bacterien zur frischen Wunde und zur Eiterung genauer zu prüfen[2]). Es gelang mir indessen niemals, Wunden, die auch unter anderen Verhältnissen nicht geeitert haben würden, z. B. subcutane Wunden, oberflächliche Hautwunden von Kaninchen, durch Bedecken mit Milliarden isolirter kleinster Organismen in Eiterung zu versetzen, auch niemals die Salubritätsverhältnisse einer sonst gutartigen, aber eiternden Wunde bei Hunden durch tägliche Berieselung mit einer bacterienreichen Isolationsflüssigkeit merklich zu verschlechtern.

Durch alle diese Versuche war also von neuem der Schluss gerechtfertigt, dass die Bacterien an und für sich das giftige Princip in faulenden Substanzen nicht sein können, sondern dass dies ein Stoff sein muss, welcher den Organismen nur anhaftet, möglicherweise auch von ihnen (wie in den Züchtungsflüssigkeiten) erzeugt wird, aber jedenfalls durch Auswaschen von denselben sich trennen lässt.

Die Beweiskraft der von mir angewandten Methode ist von Anhängern der parasitären Theorie der septischen Infection mehr-

---

[1]) v. Langenbeck's Archiv f. klin. Chirurgie, Bd. XVIII, S. 679.

[2]) „Bacterien und Eiterung." Centralbl. f. Chirurgie 1874, S. 513—517.

fach angefochten worden. Namentlich weigerte man sich, die ausgewaschenen Bacterien als lebens- und vermehrungsfähig anzuerkennen, da die Behandlung oder „Misshandlung“ mit destillirtem Wasser, wie man sagte, ihnen nothwendig schaden müsse. Der Züchtungsversuch mit Pasteur'scher Lösung „bewiese nichts“, da nicht die isolirten Bacterien, sondern andere, in der Flüssigkeit schon vorhandene oder erst durch die Luft zugeführte Keime sich bei der Züchtung vermehrt haben könnten. „Auch ohne unser Zuthun entwickeln sich in jeder einfach verkorkten Pasteur'schen Lösung Bacterien.“

Diese und ähnliche Einwände habe ich in einer besonderen Abhandlung[1]) eingehend widerlegt. Ich hebe daraus in aller Kürze nur Folgendes hervor. Alle einschlägigen Untersuchungen von Burdon-Sanderson, Rindfleisch, F. Cohn und dem Verfasser haben dargethan, dass sich in jedem, nicht ganz frischen destillirten Wasser, wenn es einige Zeit mit der Luft in Berührung gewesen ist, lebende und entwickelungsfähige Bacterien finden, die wohl nur durch den Staub der Luft zugeführt sein können und also unzweifelhaft ursprünglich aus septischen Stoffen stammen. Diese Erfahrung lehrt, dass das destillirte Wasser kein Gift für die Fäulnissorganismen sein kann. Weiterhin ist von allen Experimentatoren — ich nenne ausser den obigen noch Billroth, M. Wolff, L. Bucholtz und Anders — übereinstimmend angegeben, dass gekochte Nährflüssigkeiten, selbst offen der Luft ausgesetzt, Wochen und Monate hindurch klar bleiben. Wenn nun eine solche Lösung, die ohne Zusatz von Bacterien lange Zeit klar bleibt, nach dem Zusatz weniger Tropfen der Isolationsflüssigkeit sich trübt, so, meine ich, ist der Schluss vollkommen gerechtfertigt, dass die mit dieser Flüssigkeit übertragenen (isolirten) Bacterien lebens- und vermehrungsfähig sind. Diese Schlussfolgerung ist neuerdings noch durch Anders[2]) vollkommen bestätigt worden; auch er fand, dass die giftig wirkenden Bacterienmassen einer Pasteur'schen Züchtung, welche durch wie-

[1]) Die entzündungs- und fiebererregenden Eigenschaften der Bacterien. Berl. klin. Wochenschr. 1877, No. 2, 3 u. 5.

[2]) E. Anders: Zur Kenntniss der causaulen Momente putrider Intoxication. Dissert. Dorpat, 1876.

— Die giftige Wirkung der durch Bacterien getrübten Pasteur'schen Nährflüssigkeit. Deutsche Zeitschr. f. Chirurgie, 1876, Bd. VII, S. 1.

derholtes Auswaschen von dem ihnen anhaftenden Gifte vollkommen befreit waren, nicht blos unschädlich sich verhielten, sondern auch die Fähigkeit der Vermehrung bewahrt hatten.

Von allen in dieser Richtung früher von mir angestellten Versuchen scheint mir namentlich einer ganz besonders überzeugend zu sein, den ich darum etwas genauer mittheile. Im December 1875 hatte ich Blut von einer menschlichen Typhusleiche in einem cylindrischen Gefäss bei Zimmertemperatur zur Fäulniss angesetzt. Am 6. Tage wimmelte das obere, flüssige Serum des Blutes von zahllosen kleinsten Micrococcen, die am dichtesten an der Oberfläche waren und hier theilweise zarte Häutchen bildeten. Diese letztere Schicht hob ich durch wiederholtes Abfischen mit einem Glasstabe ab und vertheilte sie in etwa 12 Cctm. Wasser im Reagensglase. Ich erhielt auf diese Weise eine diluirte, noch lebhaft roth gefärbte Blutflüssigkeit, in welcher die septischen Micrococcen, wie die microscopische Vergleichung ergab, annähernd in dem gleichen Verhältniss vertheilt waren, wie in dem früheren Blutserum; nur waren hierbei die chemischen Bestandtheile des Blutes in entsprechendem Maasse verdünnt worden. Die Injection beider Flüssigkeiten ergab bereits auffallende Unterschiede; während von dem Serum schon 10 Tropfen genügt hatten, ein kräftiges männliches Kaninchen unter den bekannten Erscheinungen nach $3^1/_2$ Tagen zu tödten, konnte die gleiche Wirkung mit der Verdünnungsflüssigkeit erst in der Dosis von 2,5 Cctm. erzielt werden. — In letzterer liess ich sodann die Organismen durch Gefrieren und Wiederaufthauen, nach der von Bergmann angegebenen Methode, sedimentiren[1]); die obere klare Flüssigkeit wurde vorsichtig abgegossen, das Sediment von neuem mit der gleichen Menge Wasser verdünnt. Diese zweite, schwach röthlich gefärbte Verdünnungsflüssigkeit war hinsichtlich der Giftigkeit mit dem ursprünglichen Serum kaum noch vergleichbar; 10 Cctm. derselben, in abgetheilten Dosen einem ausgewachsenen Kaninchen subcutan injicirt, be-

[1]) Dass bei dieser Procedur die Organismen nicht absterben, ist schon von Bergmann hervorgehoben worden. Schon bei + 4° C. senken sich die Bacterien zu Boden und verfallen in eine Art „Kältestarre", aus welcher sie beim Erwärmen vollkommen wieder erwachen (Bucholtz). Selbst 2—3 Mal auf — 25° C. (!) erstarrte Bacterien beleben sich im warmen Zimmer rasch wieder „und verhalten sich, wie andere Bacterien, die nie schädlichen Einflüssen ausgesetzt waren". Vergleiche L. Bucholtz: Untersuchungen über den Einfluss der Temperatur auf Bacterienvegetation. Archiv f. exper. Pathol. u. Pharmak. Bd. IV, S. 159—167.



wirkten nur vorübergehende, wenig charakteristische Krankheitserscheinungen, von welchen das Thier sich bald wieder erholte. Eine weitere Verdünnung des Restes wurde nicht vorgenommen, da die Zahl der Organismen bereits zu erheblich abgenommen hatte. Wir sehen also aus diesem Verruch, wie die anscheinend specifisch giftigen Micrococcen des faulenden Blutes schrittweise ihre Giftigkeit in dem Maasse verlieren, als das sie umgebende Medium einer Verdünnung unterworfen wird. Daraus scheint mir von neuem hervorzugehen, dass das eigentliche Gift faulender Subltanzen ein in Wasser löslicher Stoff ist, welcher sich verdünnen lässt und den Organismen nur anhaftet. —

So sehr nun auch nach allen den bisher aufgeführten Argumenten die Frage nach der Natur des septischen Giftes im Princip erledigt erscheint, so ist doch die Beweiskraft der einschlägigen Experimente damit noch keineswegs erschöpft. Vielmehr haben wir noch einer beachtenswerthen Gruppe von Versuchen zu gedenken, welche bezüglich der eingeschlagenen Methode und der erhaltenen Resultate weit überzeugender sind, als die früher besprochenen Trennungsversuche. Es sind dies

3) die Versuche mit faulenden Stoffen, in welchen die parasitären Organismen vorher durch Siedehitze oder giftige Chemikalien getödtet waren.

Wenn die Filtrations- und Diffusionsversuche, nicht minder die Injectionen mit gezüchteten und isolirten Bacterien, wie wir sahen, zu manchen Einwendungen Anlass gaben und daher vielfach unter den Forschern discutirt wurden, sind die nachfolgenden Versuche in ihrer Beweiskraft meines Wissens bisher unangefochten.

Panum, welcher auch nach dieser Richtung hin grundlegend geworden ist, zeigte zuerst (1855), dass man Faulflüssigkeiten stundenlang der Einwirkung der Siedehitze aussetzen könne, ohne ihre Giftigkeit dadurch zu vermindern. Eine vorher filtrirte faulende Hundefleischmaceration wurde sogar in einer Retorte 11 Stunden lang (!) über freiem Feuer ununterbrochen gekocht, „ohne dabei die Fähigkeit, bei Injection in das Blut den ganzen charakteristischen Symptomencomplex der putriden oder septischen Infection hervorzurufen, zu verlieren.“ [1])

[1]) Virchow's Archiv, Bd. LX, S. 323.

Dieses Ergebniss ist durch eine ganze Reihe späterer Versuche bestätigt worden. v. Raison (1866) hatte, um nur einige dieser Versuche anzuführen, das zur Trockene eingedampfte Residuum einer fauligen Flüssigkeit noch mehrere Stunden lang einer Hitze von 130° C. (!) ausgesetzt, ohne dass es dadurch seine specifischen giftigen Eigenschaften einbüsste. Weidenbaum (1867) fand sogar wiederholtes Kochen auf das putride Gift ohne Einfluss; erst anhaltendes, 3 Tage lang fortgesetztes Eindampten der fauligen Lösung, bei welchem natürlich allerhand chemische Veränderungen Platz greifen, setzte die Wirksamkeit derselben bedeutend herab. Ebenso erhielt Bergmann in seinen Versuchen noch völlig charakteristische Wirkungen durch Einspritzung putrider Flüssigkeiten, welche mit absolutem Alkohol behandelt und 8 Stunden hindurch einer Temperatur von 100° C. ausgesetzt waren. Selbst von dem septicämischen Durchgangsblute hatten wir bereits kennen gelernt, dass dasselbe einige Stunden lang gekocht seine specifischen Eigenschaften vollkommen bewahrt (Stricker, Clementi und Thin).

Niemand wird diesen Ergebnissen gegenüber noch ernstlich in der Meinung verharren können, es seien in jenen Versuchen lebende Organismen die Ursache der Giftigkeit faulender Substanzen gewesen. Schwanken auch die Angaben der Autoren über diejenigen oberen Temperaturgrade, durch welche Schizomyceten und deren Keime sicher getödtet werden — Verschiedenheiten, welche wohl im Wesentlichen in der verschiedenen chemischen (sauren oder alkalischen) Beschaffenheit des umgebenden Mediums, sowie in dem verschiedenen Wärmeleitungsvermögen und der Wärmecapacität der einzelnen Substanzen ihren Grund haben dürften, — darin stimmen doch alle Beobachter überein, dass die längere, über eine Stunde währende Einwirkung der Siedetemperatur, das anhaltende Erhitzen auf + 130° C. und das Eindampfen der Faulflüssigkeit bis zur Trockenheit alle darin enthaltenen lebenden Keime unfehlbar vernichtet [1]).

[1]) Nach den Untersuchungen von Ferd. Cohn (Beitr. z. Biologie d. Pflanz. 1872, Heft 2) reicht schon das 1 Stunde hindurch fortgesetzte Erwärmen auf + 60 bis 80° C. hin, um in gekochten Hülsenfrüchten (Erbsen, Bohnen), Eiweisslösungen und anderen Stoffen die Entwickelung von Bacterien zu verhindern oder dieselben zu tödten. Aehnliche Angaben hatte früher Pasteur gemacht; nur in schlechten Wärmeleitern, z. B. thierischen und pflanzlichen Geweben, Eiweissgerinnseln u. s. w., soll nach ihm das Erhitzen bis auf + 105° C.



Etwas abweichende Ergebnisse von obigen Versuchsresultaten sind von einigen anderen Forschern mitgetheilt worden. So fand Schmitz, dass sowohl das Kochen der Faulflüssigkeit, als auch das Eindampfen derselben im Lentz'schen Vacuum die Intensität des putriden Giftes schwächte. Auch Ravitsch kommt in seinen Versuchen (S. 67—70) zu dem Schluss, „dass gekochte putride Substanzen ihre Wirkung nicht verlieren, obwohl dieselbe bedeutend geringer ist." Nach Kehrer[1]) wird sogar „die toxische Substanz durch längeres, über ¼—½ Stunde fortgesetztes Kochen unwirksam." Von Keinem der genannten Forscher ist jedoch dieses Resultat im Sinne der parasitären Theorie verwerthet worden.

Es fragt sich nun: wie sind die Verschiedenheiten in den Angaben zu erklären? Die Antwort auf diese Frage ist bereits von Panum[2]) in vollkommen befriedigender Weise gegeben worden. Auch er machte in seinen mehrfach erwähnten Versuchen die Beobachtung, dass die putride Flüssigkeit „durch das Kochen etwas von der Intensität ihrer früheren Wirkung eingebüsst hatte." Von dem Filtrat jener 11 Stunden lang gekochten Fleischmaceration, welche dabei überdies auf ¼ ihres ursprünglichen Volumens reducirt worden war, waren 32 Cctm. erforderlich, um eine ebenso starke toxische

oder 1 Stunde lang fortgesetztes Erwärmen auf + 100° C. nöthig sein, um alle Keime mit Sicherheit zu tödten. Getrocknete oder staubförmige Schizomyceten ertragen nach Pasteur und F. Cohn noch weit höhere Temperaturgrade; hier kann Erhitzen auf + 120° C. nothwendig werden, um die Vermehrungsfähigkeit derselben vollständig zu vernichten. — In Nährsalzlösungen, welche als Kohlenstoffquelle nur Zucker oder Harnstoff enthalten, fand Huizinga (Pflüger's Archiv VII, S. 549, und VIII, S. 180) 10 Minuten langes Erhitzen auf + 100° C. ausreichend, die Entwickelung von Bacterien zu verhindern; in anderen Nährflüssigkeiten, die ausser den üblichen Salzen noch irgend etwas Organisches enthielten, z. B. Pepton, Glycose, lösliches Amylum u. A., musste dieses Erhitzen 1 Stunde lang fortgssetzt werden, um den gleichen Effect zu erzielen (Gscheidlen und Samuelson, Pflüger's Archiv VIII, S. 277). Diese letzteren Versuche dienten dazu, den Irrthum Huizinga's nachzuweisen, welcher auf Grund seiner Ergebnisse an Nährsalzlösungen für die letzgenannten Flüssigkeiten von neuem die Generatio aequivoca (Abiogenesis) behauptet hatte. Er übersah dabei, dass die bacterientödtende Wirkung der Siedetemperatur in Flüssigkeiten von verschiedener Zusammensetzung eine sehr verschiedene ist und wesentlich abhängt von dem verschiedenen Wärmeleitungsvermögen der einzelnen Stoffe. Im Allgemeinen geht aus obigen Versuchen hervor, dass eine um so längere Dauer der Einwirkung oder eine um so höhere Temperatur erforderlich ist, je mehr organische Substanz das ernährende Medium enthält.

[1]) Kehrer: Ueber das putride Gift. Archiv f. exper. Pathol. u. Pharmak., 1874, Bd. II, S. 1 u. ff.

[2]) a. a. O. S. 324—325.

Wirkung an Hunden hervorzubringen, wie 24 Cctm. der ursprünglichen (gleichfalls filtrirten) Flüssigkeit; die Intensität des Giftes hatte also um etwa $^4/_5$—$^5/_6$ der ursprünglichen Wirkung abgenommen. „Das ist aber sehr erklärlich, schon dadurch, dass bei dem Kochen und Eindampfen eine nicht unerhebliche Menge coagulirten Eiweisses ausgeschieden wurde, welches, wie ich späterhin fand, einen bedeutenden Theil des giftigen Stoffes durch mechanische Fällung mit niederschlägt und bindet."

Es werden also, wie Panum nachweist, durch das Kochen in albuminösen (thierischen) Flüssigkeiten Differenzen in der Vertheilung des Giftes bewirkt, ähnlich denjenigen, wie wir sie bei den Filtrations- und Diffusionsversuchen kennen gelernt haben. Das Gift selbst bleibt dabei anscheinend völlig unverändert; die Wirkungen der putriden Substanz sind auch nach dem Kochen, wie Panum, Ravitsch und fast alle genaueren Beobachter hervorheben, denjenigen der ursprünglichen Substanz qualitativ gleich. Nur hinsichtlich der Intensität der Wirkung erleidet das putride Gift durch das Kochen eine merkliche Abnahme, insofern durch die sich abscheidenden Coagula immer ein Theil desselben der Lösung mechanisch entzogen wird. Die Richtigkeit dieses Schlosses ist von Panum noch in exacter Weise bestätigt worden.

Bei dem elfstündigen Kochen der ursprünglichen, bis zur vollkommenen Klarheit filtrirten Flüssigkeit, von welcher also 24 Cctm. intensiv giftig wirkten, schied sich eine nicht unbeträchtliche Menge eines flockigen, eiweissartigen Coagulums ab, welches abfiltrirt wurde. Panum verglich nun die Wirkung dieses Coagulums mit der Wirkung der ursprünglichen Flüssigkeit und der Wirkung des Filtrats. Das erstere hatte in der That an Giftigkeit ausserordentlich zugenommen; ein nur „erbsengrosses Klümpchen, in Wasser vertheilt und in die Jugularvene eines kräftigen Spitzhundes injicirt, rief sehr heftige und charakteristisch verlaufende putride oder septische Infection hervor." Von dem klaren Filtrat dagegen waren „32 Cctm. nöthig gewesen, um die gleichen Symptome mit gleicher Intensität bei einem anderen Hunde hervorzurufen[1])." Ja, es gelang Panum sogar, das mit dem Eiweiss grossentheils mechanisch gefällte putride Gift, nach vorhergehender

[1]) a. a. O. S. 334. — Bibliothek for Läger, April 1856, S. 277—279.

Behandlung mit Alkohol, durch Auswaschen mit Wasser und Filtriren von demselben wieder zu entfernen. Es ist also damit der positive Beweis geliefert, dass beim Kochen einer faulenden Flüssigkeit ein nicht unbeträchtlicher Theil der gelösten giftigen Substanzen durch die flockigen Gerinnsel mit niedergerissen wird. Auch eine Vergleichung der festen Bestandtheile in der ursprünglichen (filtrirten) Fleischflüssigkeit und in dem Filtrat ergab die Richtigkeit dieses Schlusses. Jenen 24 Cctm. mit 0,071 Grm. beim Verdampfen hinterlassenen Rückstandes entsprachen 32 (bez. 118) Cctm. Filtrat mit nur 0,012 Grm. festen Rückstandes[1]; d. h. es verhielt sich die Menge der injicirten festen Bestandtheile etwa wie 0,3 pCt. : 0,04 pCt. Wenn nun auch ein Bruchtheil der fehlenden 0,26 pCt. fester Bestandtheile auf Rechnung des coagulirten Eiweisses zu setzen ist, so bleibt doch jedenfalls eine nicht unbeträchtliche Quote übrig, welche, wie das Auswaschen der Coagula bewies, nur durch die gleichzeitig ausgefällten Fäulnissgifte erklärt werden kann.

Wir können es also als eine völlig feststehende Thatsache betrachten, dass das durch Fäulniss gebildete „septische (putride) Gift“ durch anhaltendes Kochen oder durch die Anwendung höherer Hitzegrade, welche alles organische Leben nothwendig vernichten, nicht zerstört wird. Die Beweiskraft dieser Versuche wird aber noch erhöht durch die in der Mehrzahl derselben fast gleichzeitige Anwendung von chemischen Agentien, welche ebenso, wie das Sieden und Eindampfen, die Vitalität irgend welcher organisirten Gebilde unfehlbar aufheben. Panum hatte das Residuum einer bis zur vollkommenen Trockenheit eingedampften, vorher 11 Stunden lang gekochten Faulflüssigkeit noch mit kaltem und kochendem absolutem Alkohol digerirt und diese Procedur, welche zur Darstellung des putriden „Extracts“ führte, auf die Giftigkeit der Substanz ohne Einfluss gefunden. Dasselbe Resultat erhielt Bergmann mit putriden Flüssigkeiten, welche mit absolutem Alkohol behandelt und 8 Stunden hindurch ununterbrochen der Siedetemperatur ausgesetzt waren. In gleicher Weise erwies sich die Einwirkung von Schwefelsäure, Salzsäure, essigsaurem Blei, salpetersaurem Quecksilberoxyd, Aetzalkalien und anderen Stoffen (Raison, Weidenbaum, Schmitz,

---

[1]) a. a. O. S. 329—330.



Bergmann, Schmidt und Petersenn) auf das septische Gift ohne aufhebenden oder schwächenden Einfluss.

Fassen wir das Ergebniss aller dieser Versuche zusammen, so ist durch dieselben unwiderleglich festgestellt worden: 1) dass das in faulenden Stoffen enthaltene „septische oder putride Gift" eine durch den Fäulnissprocess gebildete chemische Substanz ist, deren Wirksamkeit von dem Leben und der Gegenwart niederer Organismen durchaus nicht abhängt; und 2) dass das Krankheitsbild der septischen und putriden Infection in völlig charakteristischer Weise ohne die Mitwirkung von Bacterien oder Micrococcen zu Stande kommen kann. —

Mit diesem Ergebniss kann die Frage nach der Natur des Fäulnissgiftes im Princip wohl als erledigt betrachtet werden. Es entsteht nun in weiterer Folge zunächst die Frage: welches ist diese giftige Substanz in faulenden Stoffen?

Wenn es ein chemisches Gift ist, wie andere bekannte Gifte, z. B. Opium, Curare und die Pflanzenalkaloide, so stand zu erwarten, dass dasselbe sich aus den faulenden Stoffen auch werde darstellen lassen. In der That haben auch alle früheren Forscher, welche sich mit der chemischen Bearbeitung der Lehre von der septischen Infection beschäftigten, der Hoffnung sich hingegeben, das putride Gift aus den septischen Substanzen zu isoliren. Wir haben einen grossen Theil der einschlägigen Versuche bereits in einem früheren Capitel (II) kennen gelernt. Sie haben insgesammt zu dem Resultat geführt, dass das putride Gift bis jetzt nicht völlig isolirbar ist, d. h. nicht in chemisch reinem Zustande hat dargestellt werden können.

Um dies Ergebniss verständlich erscheinen zu lassen, müssen wir die hierauf bezüglichen Untersuchungen (Gruppe d.) in Kürze erläutern. Dieselben lassen sich in 2 Unterabtheilungen trennen: erstens Versuche mit einzelnen, bekannten Fäulnissproducten, und zweitens directe Darstellungsversuche. In der ersten Reihe wurden also die bis dahin bekannten Producte der Zersetzung der Reihe nach auf ihre Giftigkeit geprüft, in der anderen wurden die faulenden Stoffe bestimmten chemischen Behandlungsweisen unterworfen, ähnlich denjenigen, welche zur Darstellung giftiger Pflanzenextracte und giftiger Alkaloide benutzt werden.

Versuche der ersteren Art sind von Gaspard, Panum,

O. Weber, Billroth und Ravitsch angestellt worden; man experimentirte vorzugsweise mit dem Schwefelwasserstoff, Ammoniak, den flüchtigen Fettsäuren und deren Ammoniakverbindungen, Panum und Billroth ausserdem noch mit Leucin und Tyrosin. Es stellte sich dabei heraus, dass keiner dieser Stoffe mit dem putriden Gift identisch ist. Die Mehrzahl derselben war allerdings in nicht zu grosser Menge bei kleineren Thieren mehr oder weniger nachtheilig, einige von ihnen in grösserer Dosis sogar sehr giftig, z. B. der Schwefelwasserssoff (O. Weber), das Ammoniak (Gaspard), das Schwefelammonium (Ravitsch) und die Kalisalze (L. Müller)[1]; doch wirkte keiner dieser Stoffe charakteristisch genug, um mit dem „putriden Gift" identificirt zu werden.

Dieses Resultat kann aber in Wahrheit gar nicht überraschen; denn, wie die Uebersicht zeigt, hat man bis jetzt nur mit einem Bruchtheil der durch Fäulniss neugebildeten Stoffe experimentirt, und zwar vorzugsweise mit den Endproducten, mit den Zwischen- und Anfangsproducten, die uns überhaupt noch grösstentheils unbekannt sind, nur theilweise oder gar nicht. Wir wissen aber aus einer früheren Darlegung, dass die giftigsten Stoffe gerade in den primären Phasen der Fäulniss erzeugt werden, dass dem entsprechend auch faulende Substanzen ihre grösste Giftigkeit innerhalb der ersten Tage und Wochen entfalten, mit fortschreitender Zersetzung dagegen und mit Zunahme der Zahl der Endproducte an Giftigkeit abnehmen. Durch eine derartige Prüfung der Wirkung von einzelnen, noch dazu terminalen Producten war also eine Lösung des Problems überhaupt nicht zu erwarten.

Grössere Aussicht auf Erfolg boten von vornherein diejenigen Untersuchungen, welche sich mit der directen Ermittelung und Ausscheidung des giftigen Princips beschäftigten. Diese Analysen von Faulstoffen, wenngleich auch sie des Räthsels Lösung noch nicht in vollem Umfange gebracht haben, waren doch in sofern für die vorliegende Frage bedeutungsvoll, als sie uns mit einer ganzen Reihe bis dahin unbekannter, zum Theil sehr eigenthümlicher und specifisch giftiger Stoffe bekannt gemacht haben, welche ohne Zweifel Producte der Fäulniss sind und an der deletären Wirkung faulender thierischer Substanzen auf den lebenden Orga-

[1]) L. Müller: Experimentelle Studien über eine Krankheits- und Todesursache in faulenden Stoffen, das sogenannte „putride Gift". Inaug.-Dissert. München, 1867.



nismus mehr oder minder Antheil haben. Hierher gehört das zuerst von Panum dargestellte, aber wahrscheinlich complex zusammengesetzte „putride Extract“, ebenso die von ihm aus faulem Hundefleisch ausgezogene, eigenthümlich schlafmachend wirkende narcotische Substanz, ferner das schwefelsaure Sepsin (Bergmann und Schmiedeberg), das dem Atropin ähnliche septische Alkaloid (Zülzer und Sonnenschein), und endlich das vom Verfasser nachgewiesene, wenn auch nicht rein dargestelle „septische Ferment“. Wir haben diese Stoffe, ihre Darstellungsweise und ihre Wirkungen schon in einem früheren Capitel genauer kennen gelernt.

Soweit es sich hierbei um die Isolirung des „putriden Giftes“ handelt, ist die Aufgabe indessen von keinem der genannten Forscher vollständig gelöst worden. Man hat wohl zahlreiche putride Gifte dargestellt, aber „das putride Gift“ eigentlich noch nicht zu isoliren vermocht. Alle bisher aufgefundenen Substanzen unterscheiden sich in ihrer Wirkung mehr oder weniger wesentlich von derjenigen faulender Gewebe (Blut, Eiter, Fleisch). Am nächsten scheint dem gesteckten Ziele Panum gekommen zu sein, dessen „putrides Extract“ nach seiner Angabe „alle Erscheinungen der putriden oder septischen Infection in ebenso charakteristischer Weise hervorrief, wie die ursprüngliche Flüssigkeit;“ doch fügt dieser Forscher selbst hinzu, dass das Extract aller Wahrscheinlichkeit nach kein einfacher chemischer Körper sei, sondern ein Complex von mehreren, theils mehr, theils weniger giftigen Stoffen, ähnlich wie das Opium.

Nach allen diesen Erfahrungen muss die Frage entstehen: ist das putride Gift überhaupt isolirbar? mit anderen Worten: ist das, was die Giftigkeit der faulenden Substanzen bedingt, überhaupt ein einzelner chemischer Körper oder nicht vielmehr eine Summe von vielen, sehr verschiedenartigen giftigen Stoffen?

Panum's soeben citirte Angabe spricht für diese Auffassung; auch hat sich Stich bereits in einem ganz ähnlichen Sinne ausgesprochen. Der Umstand ferner, dass man bis jetzt eine ganze Anzahl solcher giftigen Stoffe gefunden hat, deutet mit Nothwendigkeit darauf hin, dass wir es hier mit einer Mehrheit von Fäulnissgiften zu thun haben, von denen uns wahrscheinlich nur erst ein Bruchtheil bekannt ist. Auch liegt gar kein Grund vor,

jene an und für sich weniger giftigen, aber doch immerhin schädlichen und regelmässig, ja oft reichlich in der Faulflüssigkeit vorhandenen Endproducte — die Fettsäuren, die Verbindungen des Ammoniaks und des Schwefelwasserstoffs u. a. — von der giftigen Wirkung faulender Substanzen auszuschliessen; in allen den Fällen namentlich, in welchen relativ grosse Mengen putrider Flüssigkeiten von Fäulnissherden aus resorbirt werden, wie dies z. B. bei ausgedehnter Gangrän der Weichtheile erfolgt, haben jene Endproducte unzweifelhaft an der Vergiftung einen gewissen Antheil. In Wirklichkeit existirt ja auch weder reines schwefelsaures Sepsin, noch reines putrides Extract, sondern stets wird, wenn Gelegenheit zur putriden Infection gegeben ist, die Gesammtheit der in der Faulflüssigkeit gelösten und suspendirten Bestandtheile in die Blutmasse aufgenommen. Mag auch immer eine gewisse Anzahl dieser Stoffe in den zur Wirkung gelangenden Mengen für den Organismus ziemlich gleichgültig und daher für das Zustandekommen der septischen Infection unwesentlich sein, von einer ganzen Reihe anderer Stoffe hingegen, soweit uns dieselben bis jetzt bekannt sind — von den giftigen Extractivstoffen Panum's und dem septischen Alcaloid an bis hinab zur Buttersäure und dem Ammoniak — wissen wir, dass sie keineswegs gleichgültig, sondern insgesammt mehr oder weniger schädlich, einige von ihnen sogar intensiv giftig sind.

Angesichts dieser Multiplicität wird man auch nicht einen einzelnen Stoff für die deletäre Wirkung faulender Substanzen verantwortlich machen können, sondern immer nur jene Mehrheit von Stoffen, von denen immerhin einzelne an der Vergiftung in hervorragender Weise betheiligt sein mögen. Für die Verschiedenartigkeit der Wirkung, welche Faulflüssigkeiten von ursprünglich verschiedener chemischer Zusammensetzung oder faulende Stoffe in den verschiedenen Stadien der Zersetzung zeigen, scheint in der That kaum eine andere Erklärung möglich, als dass dieselbe durch den verschiedenen Charakter und das wechselnde Mischungsverhältniss der Fäulnissproducte bedingt ist, mit welchem sie in auffallender Weise coincidirt.

Nach allen diesen Erwägungen bin ich bezüglich der Natur und Beschaffenheit des giftigen Princips in faulenden Stoffen zu der Ueberzeugung gelangt, dass das, was wir gemeinhin „putrides Gift" nennen, kein Gift im gewöhnlichen Sinne ist,

d. h. kein einzelner chemischer Stoff von bestimmter elementarer Zusammensetzung, sondern eine Summe von verschiedenen, theils mehr, theils weniger giftigen Stoffen, deren Zusammensetzung je nach der Substanz, welche fault, und je nach dem Stadium der Fäulniss sich ändert. —

Mit dem positiven Ergebniss, dass das Gift der faulenden Stoffe im wesentlichen chemischer Natur ist, und dass es gelingt, durch dieses Gift ganz allein den charakteristischen Symptomencomplex der septischen Infection hervorzurufen, könnte man sich eigentlich begnügen. Allein ich halte mit diesem Ergebniss die ätiologische Frage noch nicht für vollkommen abgeschlossen.

Es fragt sich zunächst: welchen Antheil haben die in putriden Stoffen vegetirenden kleinsten Organismen an der septischen Infection? Dass sie für das Zustandekommen des Krankheitsprocesses nicht nothwendig sind, war ja durch die Versuche Panum's und anderer Forscher hinlänglich erwiesen. Aber daraus lässt sich immer noch nicht der Schluss ziehen, dass die Micrococcen und Bacterien überhaupt bei der septischen Krankheit ohne jedwede Betheiligung sind. Sie sind, wie wir früher gesehen haben, constant und in reichlichster Menge in faulen Stoffen enthalten und dringen unzweifelhaft gleichzeitig mit den chemischen Giften in den Organismus ein. Eine Betheiligung der Schizomyceten lässt sich demnach keineswegs ableugnen. Wir müssen uns also nothwendig noch einmal die Frage vorlegen: sind die Organismen für die Aetiologie der septischen Infection vollkommen gleichgültig, oder haben sie dennoch bestimmte Beziehungen zu derselben, und zwar einestheils zur Entstehung der giftigen Substanzen, anderntheils zum Verlauf der infectiösen Erkrankung?

Diese Fragen sind ausserordentlich schwierig und zur Zeit wohl kaum mit genügender Sicherheit zu beantworten. An Muthmassungen und Hypothesen hierüber fehlt es allerdings nicht; doch steht bis jetzt sehr wenig Thatsächliches fest. Will man aus den bereits ermittelten Thatsachen nach dieser Richtung hin Schlüsse ziehen, so scheinen mir namentlich zwei vollkommen sichergestellte Beobachtungen für die vorliegende Frage beachtenswerth; die eine ist die, dass Micrococcen die Fähigkeit haben, in bestimmten erkrankten Herden des lebenden Organismus, z. B. in Abscessen, in

subcutanen Flüssigkeitsansammlungen und innerhalb stagnirender Gefässabschnitte, sich zu vermehren, und zweitens, dass die kleinsten Organismen in unschädlichen mineralischen Nährflüssigkeiten schädliche Stoffe erzeugen (L. Bucholtz, Bergmann).

Diese beiden Thatsachen gestatten einige für die vorliegenden Fragen nicht unwichtige Schlüsse. Durch zahlreiche Beispiele ist nämlich nachgewiesen, dass eine Vermehrung der aufgenommenen Microorganismen auch im septisch erkrankten Körper statt hat; sie finden sich, wie früher ausführlich mitgetheilt worden, in reichlicher Menge in den miliaren Abscessen und embolischen Herden, auf der Oberfläche von Wunden, in Abscessen und Blutextravasaten, in entzündeten und necrotisirten Geweben verschiedener Art, selbst innerhalb erkrankter oder in erkrankten Geweben liegender Blut- und Lymphgefässe. In allen diesen Fällen ist ihre locale Anhäufung meist so reichlich und so an den Ort der pathologischen Störung gebunden, dass sie nicht erst postmortal als Symptom der Fäulniss sich gebildet haben können, sondern theilweise bereits während des Lebens bezw. während der Krankheit vorhanden gewesen sein müssen. Diese Vermehrung innerhalb des lebenden Körpers ist aber nicht denkbar ohne gewisse chemische Veränderungen in dem ernährenden Substrat. Es werden bei der Proliferation der Schizomyceten nothwendig dem umgebenden Medium gewisse Stoffe entzogen und dafür andere Stoffe (Stoffwechselproducte) an dasselbe wieder abgegeben.

Beide Arten der Einwirkung könnten nun für den thierischen Organismus nachtheilig sein; im ersteren Falle nämlich dann, wenn die von den Micrococcen verbrauchten Stoffe zugleich lebenswichtige Stoffe des thierischen Organismus sind, wie z. B. der Sauerstoff, im anderen Falle wenn die von ihnen ausgeschiedenen Producte auf denselben giftige Wirkungen ausüben.

Um diese Frage exact zu entscheiden, würden natürlich genaue Stoffwechseluntersuchungen über die Ernährungsverhältnisse der Schizomyceten in thierischen Flüssigkeiten von bestimmter Zusammensetzung erforderlich sein. Leider aber besitzen wir derartige Untersuchungen bis jetzt noch nicht. Das Einzige, was in dieser Hinsicht bisher durch die nachahmenswerthen Arbeiten von Bucholtz[1])

[1]) L. Bucholtz: Ein Beitrag zur Kenntniss der Ernährungsverhältnisse von Bacterien. Archiv f. exper. Pathol. u. Pharm., Bd. VII, S. 81—100.



ermittelt ist, sind die Veränderungen, welche einfach zusammengesetzte mineralische Nährsalzlösungen durch den Vegetationsprocess der Bacterien qualitativ und quantitativ erleiden. Es ist aber sehr die Frage, ob die für diese Ernährungsbedingungen ermittelten Verhältnisse ohne weiteres auf thierische Substanzen übertragbar sind; mancherlei Beobachtungen sprechen dafür, dass sowohl die von den Bacterien assimilirten Stoffe, als auch die von ihnen ausgeschiedenen Producte in Nährflüssigkeiten von anderer Zusammensetzung andere sind. Allerdings kommen die Essigsäure, Buttersäure, Ameisensäure, Bernsteinsäure, Kohlensäure und das Glycerin auch als Fäulnissproducte in animalischen Flüssigkeiten vor, und die Möglichkeit ist nicht ausgeschlossen, dass diese Stoffe hier gleichfalls Producte der Lebensthätigkeit der Organismen sind, gerade so wie in Pasteur'schen Lösungen. Aber daneben müssen wir doch die Möglichkeit zulassen, dass noch andere Stoffwechselproducte von den Schizomyceten gebildet werden können, die vielleicht schädlicher sind, als die genannten Säuren. Eine thatsächliche Stütze gewinnt diese Hypothese durch die bekannte Eigenschaft mancher Micrococcen, in geeigneten Medien neben anderen Producten farbige Stoffe zu erzeugen, welche an und für sich allerdings nicht giftig sind, jedoch gelegentlich unter anderen Bedingungen vielleicht in ungefärbten und giftigen Modificationen auftreten könnten. Man muss mit Beziehung hierauf Weigert beistimmen, wenn er sagt, dass es „für das Princip ganz irrelevant ist, ob diese chemischen Stoffe eine für andere Organismen unschädliche Farbe oder ein für diese schädliches Gift darstellen[1].“

Kurzum, die Hypothese von der Erzeugung giftiger Stoffe durch die Vegetation der Schizomyceten ist jedenfalls berechtigt, wenn auch keineswegs bis jetzt bewiesen. Sollte sie sich bestätigen, so wäre damit den niedersten Organismen eine immerhin bedeutungsvolle Thätigkeit im lebenden Körper und ein wichtiger Antheil an der Entstehung, wie an dem Verlauf der septischen Infection gesichert. Namentlich in allen jenen septischen Localprocessen, z. B. den Abscessen, der Lymphangitis, der progredienten jauchigen Phlegmone und der septischen Gangrän, bei welchen Micrococcen erwiesenermassen massenhaft im Gewebe vor-

[1]) C. Weigert: Anatomische Beiträge zur Lehre von den Pocken. II. Theil, Breslau, 1875, S. 34.

sich sehr bald Fieber, Schwindel, Kopfschmerz und sehr lästige Sehstörungen (Funkensehen, Lähmung der Augenmuskeln und Pupillenerweiterung). Charakteristisch sind ferner eigenthümliche Schlingbeschwerden, welche sich in einer quälenden Trockenheit der Mundhöhle und des Schlundes, lallender, stimmloser Sprache, erschwertem Schlucken und behinderter Respiration, Angstgefühl und brennendem Durst äussern. Im Ganzen hat also das Vergiftungsbild einige Aehnlichkeit mit der Wirkung gewisser pflanzlicher Alkaloide, insbesondere des Atropin und Hyoscyamin.

Die Mortalität der Krankheit soll im Allgemeinen ziemlich gross sein und schwankt nach Böhm zwischen 23,2 und 54,2 pCt., ist jedoch nach den Angaben mehrerer Beobachter in neuerer Zeit entschieden geringer geworden. So giebt z. B. L. Müller[1]) in einer sehr sorgfältigen Zusammenstellung über eine ausgedehnte Epidemie in Middelburg in Holland (1874) an, dass von 343 officiell gemeldeten Erkrankten nur 6 gestorben sind, was eine Mortalität von noch nicht 2 pCt. ausmacht. Der Tod erfolgt unter continuirlichem Sinken des Pulses und der Temperatur und tiefster Prostration der Kräfte, meist in einem comatösen Zustande, 1—10 Tage, seltener 2—3 Wochen nach der Vergiftung.

Was nun die Natur des in solchen schädlichen Würsten enthaltenen Giftes anbetrifft, so ist von allen Beobachtern (J. Kerner, Paulus, Schlosser, Niedner, Müller) die Annahme als die wahrscheinlichste hervorgehoben worden, dass es sich hier um ein durch eigenthümliche Zersetzungen gewisser Wurstbestandtheile gebildetes specifisches Fäulnissproduct handelt, welches von den gewöhnlichen Producten der Fäulniss in Natur und Wirkungsweise verschieden ist. Allerdings gehen bezüglich der näheren Constitution dieses Giftes die Ansichten sehr auseinander. J. Kerner[2]) z. B. betrachtete als das Gift eine „Fettsäure“, gestützt auf die saure Reaction solcher giftigen Würste; er theilt sogar Versuche an Thieren mit, welche die Richtigkeit dieser Hypothese

---

[1]) L. Müller: Die Wurstvergiftung zu Middelburg in Holland. Deutsche Zeitschr. f. prakt. Medicin, 1875, No. 1—3. — Vergl. auch die früheren Zusammenstellungen von Müller in der Deutsch. Klinik, Jahrg. 1869 und 1870.

[2]) Justinus Kerner: Das Fettgift oder die Fettsäure und ihre Wirkungen auf den thierischen Organismus, ein Beytrag zur Untersuchung des in verdorbenen Würsten giftig wirkenden Stoffes. Stuttgart und Tübingen, 1782. — Derselbe: Neue Beobachtungen u. s. w. Tübingen, 1820; und: Das Fettgift. Tübingen, 1822.

erweisen sollen. Seine Angaben konnten indess von Schlossberger (1853) nicht bestätigt werden. Auch die Vermuthung dieses Forschers, dass das Allantiasisgift eine Stickstoffbase sei, soviel Wahrscheinlichkeit dieser Annahme durch die Art des Vergiftungsbildes innewohnt, hat Hoppe-Seyler bei der Untersuchung eines einschlägigen Falles vorläufig nicht bestätigt gefunden. Wir müssen uns aber bei dieser Gelegenheit daran erinnern, dass die Möglichkeit der Erzeugung giftiger Alkaloide in zersetzten thierischen Stoffen durch die Untersuchungen von Zülzer und Sonnenschein thatsächlich erwiesen ist. Auch an parasitären Erklärungsversuchen hat es in den verschiedensten Berichten nicht gefehlt, jedoch meist ohne thatsächlichen Anhalt.

So wenig erfolgreich auch alle diese Versuche waren, das Gift in concreto darzustellen, so bestimmt deuten doch andere Erscheinungen auf die Entstehung desselben durch Fäulniss hin. So wird von allen Beobachtern hervorgehoben, dass von den fraglichen Würsten stets die inneren Theile, welche der antiseptischen Procedur des Räucherns und Kochens offenbar am wenigsten zugänglich sind, die giftigsten, oft sogar die einzig giftigen sind. Es ist aber das Zustandekommen von Zersetzungsprocessen in diesen Theilen um so erklärlicher, als einerseits in Schwaben, dem Heimathlande des Botulismus, vielfach Würste von ganz ungewöhnlicher Dicke — die in Schweinemagen gefüllten sogenannten „Blunzen“ — angefertigt werden, andererseits die Art der Zubereitung und Aufbewahrung derselben (Missverhältniss zwischen festen und flüssigen Bestandtheilen, unvollkommene Räucherung, Aufbewahrung in geschlossenen Behältern) nach Müller der Verderbniss der Würste oft geradezu Vorschub leistet. Blut- und Leberwürste sollen nach ihm viel häufiger Anlass zu Vergiftungen geben, als die consistenteren Fleischwürste. Ausserdem zeigen, wie Böhm [1] angiebt, die verdorbenen Wursttheile auf frischen Schnittflächen eine schmutzig grau-grünliche Farbe und eine weiche, käseartig schmierige Beschaffenheit. „Sie verbreiten einen höchst unangenehmen Geruch nach faulem Käse, schmecken widerlich und erzeugen zuweilen leichtes Kratzen im Rachen.“ Alle diese Verhältnisse rechtfertigen, das Gift als ein durch langsame Zersetzung im Innern der Würste entstandenes specifisches Fäulnissproduct aufzu-

[1]) Böhm: a. a. O. S. 240.

kommen, würde ihnen ein wesentlicher Einfluss auf die Entstehung, Ausbreitung und Malignität des Processes durch Neuerzeugung giftiger Stoffe im erkrankten Körper zuzuerkennen sein. In solchen Fällen mögen auch, wie leicht ersichtlich, die sich vermehrenden Micrococcen nicht selten die indirecte Ursache des tödtlichen Ausganges der Krankheit werden.

Dies sind jedoch vor der Hand, wie ich ausdrücklich hervorheben möchte, insgesammt nur Muthmassungen und Folgerungen, deren Richtigkeit von der Bestätigung oder Verneinung der genannten Hypothese abhängen wird. Allen früheren Behauptungen im positiven Sinne gegenüber möchte ich immer wieder von neuem in das Gedächtniss zurückrufen, dass es zahlreiche Fälle giebt, in welchen die Vermehrung der Micrococcen im lebenden Körper unschädlich und nur die Folge der Erkrankung war.

Mit den hier aufgeworfenen Möglichkeiten hängt innig zusammen die Frage nach der ersten Entstehung der giftigen Substanzen in faulenden Stoffen. Es ist klar, dass, wenn überhaupt die Fähigkeit der Erzeugung giftiger Producte in thierischen Geweben und Flüssigkeiten für die Schizomyceten nachgewiesen ist, auch mindestens ein Theil der in Faulstoffen vorhandenen giftigen Producte diesen Organismen zur Last gelegt werden muss. Eine strenge Beantwortung dieser Frage lässt sich aber auch hier nicht eher geben, als bis wir genauere Ermittelungen über die von den Schizomyceten in faulenden Stoffen aufgenommenen und wieder ausgeschiedenen Stoffe besitzen.

Ich kann daher am Schlusse dieser Abhandlung nur wiederholen, dass meines Erachtens jeder weitere Fortschritt in der Erkenntniss auf diesem Gebiet lediglich von eingehenden Untersuchungen über den Stoffwechsel der Fäulnissorganismen und über ihren Arbeitsantheil an dem Chemismus der Fäulnissprocesse zu erwarten sein wird. Wieviel nach dieser Richtung hin bisher erreicht worden ist, in wieweit überhaupt die Beantwortung dieser Frage zur Zeit möglich erscheint, wird später in dem IX. Capitel ausführlich abgehandelt werden.

Den bisher besprochenen Wirkungen faulender Stoffe auf den lebenden Organismus haben wir noch einige andere anzureihen, welche dadurch ausgezeichnet sind, dass sie an verdorbenen Nahrungsmitteln und auch an diesen nur unter ganz besonderen Verhältnissen sich äussern. Es gehören hierher die Intoxicationen mit **Wurstgift, Käsegift** und **Fischgift.** Den im engeren Sinne „septischen“ Giftwirkungen können diese drei Arten der Intoxication insofern zugerechnet werden, als dieselben nur beobachtet werden unter Bedingungen, welche dem Zustandekommen von Zersetzungsprocessen in den genannten Nahrungsmitteln erfahrungsgemäss günstig sind, obwohl es bisher nicht gelungen ist, das Gift selbst aus den krankmachenden Stoffen darzustellen.

Bei der Wurstvergiftung (Botulismus, Allantiasis) ist zunächst bemerkenswerth, dass dieselbe in der Regel nur auf gewisse Landstriche beschränkt ist und auch hier nur zeitweise auftritt. Mit überwiegender Häufigkeit werden Fälle von Bolulismus im Königreich Württemberg und den angrenzenden schwäbischen Theilen von Baden beobachtet, während sie in anderen Ländern nur ganz vereinzelt vorzukommen pflegen. Auch waren derartige Erkrankungen, wie statistisch nachgewiesen, in früherer Zeit viel häufiger als gegenwärtig; während in den Jahren 1832—1862, nach einer Zusammenstellung von Faber, im Königreich Württemberg allein 82 Fälle von Wurstvergiftung vorkamen, hat Böhm[1]) in der Literatur vom Jahre 1866—1874 überhaupt nur 15 Fälle auffinden können, von denen 12 auf Württemberg, 3 auf Sachsen (Dresden) kamen.

Die Erkrankung betrifft selten einzelne Personen, meist mehrere Mitglieder einer Familie, welche von derselben Wurst genossen haben, oder auch eine grössere Anzahl von Personen einer Gemeinde, welche Wurst von demselben Fleischer bezogen haben. Die Erscheinungen treten meist schon innerhalb der ersten 24 Stunden nach dem Genusse der schädlichen Wurst auf und bestehen hauptsächlich in Uebelkeit und Erbrechen, Diarrhöen mit wässerigen, zuerst gelben, später mehr grünlich gefärbten Ausleerungen, Kolikschmerzen in den Därmen und häufig Tenesmus; hierzu gesellen

[1]) Böhm: Intoxicationen durch verdorbene Nahrungsmittel. v. Ziemssen's Handb. der speciell. Pathol. u. Therap., Bd. 15, S. 239.

Kennzeichen irgend welcher fauligen Veränderungen sollen an dem Fleisch nicht wahrnehmbar sein; dennoch ist man wohl aus der Art der Entstehung des Giftes genöthigt, auf den Ablauf langsamer, specifischer Alterationen in dem Fleisch zu schliessen, welche der Fäulniss mehr oder weniger nahe stehen. Dass Kochsalz und Eis das Zustandekommen chemischer Veränderungen auf die Dauer nicht völlig ausschliessen, ist ja bekannt. Bemerkenswerth ist noch, dass nicht alle Stücke eines Behälters giftig sind, sondern immer nur einzelne und in diesen auch oft nur ganz bestimmte Partieen des Fleisches.

Die Symptome der Vergiftung treten gewöhnlich schon wenige Stunden nach dem Genuss auf und bestehen anfänglich in Kopfschmerz, Druckgefühl im Epigastrium und Schwindel, auch wohl Schwarzwerden vor den Augen und Farbensehen. Hierzu gesellt sich alsbald ein brennendes Gefühl im Rachen, welches mit grosser Trockenheit und lästigen Schlingbeschwerden verbunden ist. Quälender Durst und die Unfähigkeit Wasser zu trinken, kolikartige Schmerzen im Leibe und das erschwerte Athmen versetzen die Kranken in die höchste Angst. In schwereren Fällen treten daneben gewöhnlich noch nervöse Erscheinungen auf, namentlich Lähmungen in verschiedenen Gebieten, wie Aphonie, Erweiterung der Pupille, Ptosis des oberen Lides und Paralyse der willkürlichen Muskeln. Unter Schwinden des Augenlichts und des Bewusstseins und tiefster Erschöpfung der Kräfte erfolgt dann nicht selten der Tod. Die Mortalität dieser Krankheit soll im Allgemeinen sehr hoch sein; statistische Daten fehlen indess. Bezüglich der Symptome besteht offenbar viel Aenlichkeit mit der oben beschriebenen Wurstvergiftung.

Die Natur dieses Fischgiftes ist uns noch gerade so unbekannt, wie die des Wurst- und Käsegiftes. Man weiss nur, dass ausschliesslich das Salzfleisch dieser Fische giftig wirkt; die ungesalzenen Fische dagegen rufen, selbt in verdorbenem Zustande, niemals specifische Vergiftungserscheinungen hervor. Ferner äussert auch nur das rohe Salzfleisch diese giftigen Wirkungen, niemals das gekochte; giftiges Fischfleisch verliert sogar durch längeres Kochen seine Wirksamkeit. Endlich ist, wie Owsjannikoff zeigte, das Gift nicht in der Salzlake enthalten, mithin wohl ausschliesslich an das Fleisch gebunden. Offenbar handelt es sich hier also um ein specifisches, nur in gesalzenem Fleisch sich ent-

wickelndes, in dem Salzwasser nicht gelöstes und durch Hitze zerstörbares Gift, welches nur unter besonderen, noch nicht näher bekannten Umständen in dem Fischfleisch entsteht. Ob dieses Gift nun aus dem Fleisch, oder als ein von aussen hinzugekommenes Agens nur auf demselben sich entwickelt, mit anderen Worten, ob das Fischgift ein chemisches Zersetzungsproduct des Fleisches oder ein lebender, entwickelungsfähiger Organismus ist, das sind Fragen, für deren Beurtheilung uns noch jeglicher Anhalt fehlt. —

Noch mannigfache andere Vergiftungsfälle werden durch den Genuss vegetabilischer oder animalischer Nahrungsmittel veranlasst; doch handelt es sich hier — abgesehen von thierischen Parasiten — meistens um präexistirende, theils durch den Lebensprocess der Pflanze oder des Thieres erzeugte, theils von aussen hinzugekommene Giftstoffe, deren Entstehung mit Fäulnissprocessen nichts gemein hat. Am meisten könnten noch die Vergiftungen durch Fleisch, namentlich Kalbfleisch, Rindfleisch und Schweinefleisch, wie sie gelegentlich aller Orten in Familien und Gemeinden beobachtet werden, den Verdacht einer Intoxication mit Fäulnissgiften erwecken. Für die Mehrzahl der Fälle dieser Art ist jedoch nachgewiesen worden, dass es sich um das Fleisch kranker Thiere handelte, die eben wegen der Krankheit oder doch wegen des Verdachtes auf Krankheit geschlachtet und von gewissenlosen Händlern verkauft wurden. Hierher gehören auch namentlich gewisse, irrthümlich als „Typhus“ oder unter einer anderen gangbaren Bezeichnung beschriebene Massenerkrankungen. Die Bekämpfung solcher Vergiftungsfälle fällt natürlich nicht der Wissenschaft, sondern der Polizei zur Aufgabe.

Für eine andere Art von Vergiftung indessen, welche den Fäulnissprocessen unzweifelhaft näher steht, als irgend eine der vorher genannten Krankheiten, sollte die Wissenschaft in weit höherem Maasse interessirt werden, als bisher, — für die Vergiftung mit **Leichengift**. Niemand hat wohl ein grösseres Interesse an der Erforschung dieses unheilvollen Virus, als der Stand der Aerzte selbst. Kaum ein Triennium vergeht, ohne dass dieser oder jener unserer Berufsgenossen jener Geissel des Standes zum Opfer fällt; gerade unter den Jüngern der Wissenschaft büsst so mancher einer unglücklichen Verletzung zufolge seinen Forschungseifer oder seine Lehrthätigkeit mit tragischem Geschick.

Leider aber ist unsere Kenntniss über den Ursprung und

fassen, gleichviel, ob dieses Product eine Säure oder eine Base, ein einfacher Körper oder eine Mehrheit von Stoffen ist.

Die Intensität der Vergiftung ist abhängig von der verzehrten Dosis der schädlichen Wurst, was, ebenso wie der schnelle Eintritt der Wirkung, für die chemische Natur des fraglichen Giftes sprechen dürfte. —

Etwas weniger häufig scheinen Fälle von Käsevergiftung vorzukommen. In vereinzelten Fällen sind sie wohl aller Orten gelegentlich beobachtet worden; in etwas grösserer Frequenz treten sie in den viehreichen Districten Nord-Deutschlands, insbesondere Mecklenburgs, Pommerns, Oldenburgs und Westphalens und in Amerika auf. In Frankreich, wo bekanntlich sehr viel Käse genossen wird, kommen Vergiftungsfälle fast gar nicht vor.

Merkwürdig ist, dass fast niemals die alten, übelriechenden und stinkfaulen Käsesorten zu Vergiftungen Anlass geben, obwohl sie die Zeichen fauliger Zersetzung oft in ausgeprägtestem Maasse zeigen, sondern am häufigsten die weichen, wenn auch oft alten Käsesorten, insbesondere der weisse Schmier- oder Stippkäse. Es lässt sich daraus eben wiederum schliessen, dass das Käsegift kein gewöhnliches Fäulnissproduct des Käsestoffs ist, sondern ein specifisches, durch eigenthümliche, uns noch völlig unbekannte Veränderungen gebildetes Zersetzungsproduct sein muss. Als ein Ausdruck dieser Veränderungen wird von Manchen ein bitterer oder kratzender Geschmack des Käse angegeben, während Aussehen und Geruch desselben gewöhnlich nichts Auffallendes darbieten.

Die Symptome der Vergiftung äussern sich vorzugsweise in Erscheinungen eines heftigen Gastricismus, namentlich in Erbrechen, Diarrhoe, Leibweh und heftigem Durst, zu welchen Erscheinungen sich Kopfschmerz, Schwindel, Angstgefühl und selbst Doppelsehen hinzugesellen. Trotz der tiefen Prostratio virium, in welche derartige Kranke gewöhnlich verfallen, endet die Krankheit doch meistens in Genesung.

Ueber die Natur des Käsegiftes ist nichts Näheres bekannt. Für seine Löslichkeit scheint der Umstand zu sprechen, dass, wie eine Beobachtung von Husemann lehrt, die Krankheit von der stillenden Mutter auf den Säugling übergehen kann. —

Ueber das Wesen der Fischvergiftung herrschte früher viel Unklarheit und Dunkelheit. Theilweise rechnete man dahin den

Genuss des Fleisches verschiedener giftiger Fischspecies, theilweise die toxischen Wirkungen, die gelegentlich nach dem Genuss verdorbenen Fleisches an und für sich nicht giftiger Fische beobachtet wurden. Die erstere Art der Fischvergiftung, welche sich namentlich auf verschiedene Arten von Seefischen (Knochenfische) der tropischen Meere bezog und in den älteren Arbeiten über „Fischgift" ausschliesslich figurirte[1]), ist in neuerer Zeit wieder angezweifelt worden. Böhm[2]) namentlich — dessen Darstellung ich hier im wesentlichen folge — hält die Existenz giftiger Fischspecies durchaus nicht für sicher begründet und erkennt nur die letztere Art der Intoxication, bedingt durch den Genuss verdorbenen Fischfleisches, als feststehende Thatsache an.

Fälle der genannten Art sind mit überwiegender Häufigkeit, ja fast ausschliesslich in Russland beobachtet worden. Wie das Wurstgift im Schwabenlande, so ist hier das Fischgift im weiten Stromgebiet der Wolga heimisch. Die ersten genaueren Mittheilungen über diese Art von Vergiftung wurden von Sengbusch[3]) (1844) gemacht und später (1857—58), theilweise im Auftrage der russischen Regierung, von Owsjannikoff, Koch, Berkowsky und de Kieter vervollständigt. Die von diesen Forschern ermittelten wesentlichsten Daten über die Entstehung und Wirkungsweise des „Fischgiftes" sind folgende.

Unter den zahlreichen Fischarten, welche die Wolga und ihre Nebenflüsse bevölkern und den Bewohnern des Flussgebietes zur Nahrung dienen, sind es vornehmlich drei unter einander verwandte Species, deren Fleisch weitaus am häufigsten zur Intoxication mit Fischgift führt. Es sind dies der Stöhr (Accipenser Sturio), der Hausen (A. Huso) und der Sterlet (A. Ruthenus). Das Fleisch dieser grossen Fische wird behufs längerer Conservirung in Stücke zerhauen, alsdann eingesalzen und in tiefliegenden, etwa 2 Klafter in die Erde versenkten Holzkasten (sog. Fischkellern) aufbewahrt. Nach längerer Zeit in rohem Zustande genossen, ruft dasselbe bisweilen die eigenthümlichen Vergiftungserscheinungen hervor. Aeussere

[1]) Herm. Fr. Antenrieth: Ueber das Gift der Fische, mit vergleichender Berücksichtigung des Giftes von Muscheln, Käse, Gehirn, Fleisch, Fett und Würsten, so wie der sogenannten mechanischen Gifte. Tübingen, 1833.

[2]) v. Ziemssen's Handbuch der speciellen Patholog. u. Therapie. Bd. XV, Handbuch der Intoxicationen. Leipzig, 1876. S. 246.

[3]) Medicinische Zeitung Russlands, Jahrg. 1844, 1845 und 1857, 1858.



den Fingern und Händen auf. Es entwickelt sich an der Impfstelle nach 24—48 Stunden eine kleine, mässig schmerzhafte Geschwulst, welche sich als eine Infiltration der Cutis zu erkennen giebt; in der Wunde selbst entsteht eine spärliche Suppuration, die an der Oberfläche zur Bildung eines kleinen Schorfes führt. Die Eiterung besteht eine Zeit lang fort, die Schmerzhaftigkeit bleibt, während die Infiltration der Cutis noch etwas zunimmt. Allmälig fangen auch die darüber liegenden Epidermislagen an, sich zu verdicken; es entsteht nach einigen Wochen ein derber, warzenähnlicher, bläulich-rother Knoten, den man als Leichentuberkel zu bezeichnen pflegt. Diese Knoten können lange Zeit stabil bleiben, verschwinden dann aber oft nach Jahren ohne weitere medicamentöse Behandlung. — Viel Aehnlichkeit hiermit hat die Bildung zahlreicher kleiner, echter Warzen an den Händen von Personen, welche viel mit Leichen beschäftigt sind. Es sind dies discrete Wucherungen des Papillarkörpers (Papillome) von Stecknadelknopf- bis Hanfkorngrösse, die ohne Verletzung der Epidermis auf unversehrter Haut entstehen und stets multipel sind. Ich selbst bekam als Student auf meiner früher warzenfreien linken Hand nach den Präparirübungen zahlreiche solche kleine, flache Warzen, für deren Entstehung ich keinen anderen Grund aufzufinden wusste, als die andauernde Imprägnation der Haut mit Leichenflüssigkeiten; die rechte Hand war fast frei davon. Später nach beendetem Studium schwanden die Warzen allmälig wieder ohne irgend welches Zuthun. Solche Bildungen entstehen bekanntlich auch durch die Einwirkung anderer reizender bezw. virulenter Stoffe, wie z. B. Trippereiter.

Der Uebergang von der rein örtlichen zu der allgemeinen Infection bilden diejenigen Fälle, in welchen es an der Impfstelle zu einer acuten phlegmonösen Entzündung der Haut und der abziehenden Lymphgefässe kommt, verbunden mit mehr oder weniger schweren fieberhaften und toxischen Erscheinungen. Diese Erkrankung nimmt von vornherein einen viel acuteren und bedrohlicheren Charakter an, beginnt nicht selten mit einem Frost und setzt das Leben des Patienten in ernste Gefahr. Schon 12—20 Stunden nach der Vegiftung zeigt sich die Umgebung der Verletzung etwas geröthet und schmerzhaft; gleichzeitig besteht allgemeines Unbehagen, Frostgefühl, auch wohl Eingenommenheit des Kopfes. Die Entzündung der Haut breitet sich am folgenden Tage immer mehr

aus; auch die angrenzenden Lymphgefässe nehmen bereits an derselben Theil und ziehen sich als zarte blassrothe Streifen von der Verletzungsstelle aus über den Handrücken hinweg zum Vorderarm hinauf. Der Kranke empfindet ziehende Schmerzen in Hand und Arm, liegt zu Bett, ist fieberhaft heiss (39—40° C.) und klagt über Benommenheit, Appetitmangel und allgemeine Abgeschlagenheit. In dieser Weise nehmen nun die Erscheinungen unter dem Bilde einer acuten Dermatitis und Lymphangitis zunächst ihren regelmässigen Fortgang; es tritt sehr bald Entzündung und Anschwellung der Achseldrüsen hinzu, während das Fieber sich mehrere Tage hindurch auf einer beträchtlichen Höhe erhält. Der weitere Verlauf und der schliessliche Ausgang der Erkrankung scheint wesentlich davon abhängig zu sein, ob die localen oder die allgemeinen Infectionserscheinungen in dem Vergiftungsbilde überwiegen.

In den milderen Formen tragen die Allgemeinerscheinungen von vornherein nicht den schweren toxischen Charakter; die Dermatitis und die Lymphangitis steigert sich bis zur Abscessbildung, und mit der Entleerung der Abscesse pflegt auch das Fieber, sowie das Darniederliegen der Functionen sehr bald nachzulassen. Die Entzündung erlischt, die Abscesse heilen, und nach einigen Wochen ist das Wohlbefinden oft vollkommen wiederhergestellt. Oertliche Nachwirkungen können allerdings bestehen bleiben, wenn die Phlegmone auf benachbarte, functionell wichtige Theile, auf Sehnenscheiden der Hand und Phalangealgelenke übergreift; alsdann können tiefgehende Narben und Ankylose der Gelenke Steifheit einzelner Finger bedingen, wie sie in der That nicht selten bei Anatomen und Chirurgen als Folge von Leichenvergiftung gefunden wird.

Diese Form ist es auch wahrscheinlich, welche bisweilen einen chronischen Verlauf nimmt. Hier bleiben bei relativer Ausheilung der Abscesse Reste des Giftes in den Lymphdrüsendepots liegen, welche von Zeit zu Zeit eine Exacerbation des Leidens veranlassen, die allgemeine Ernährung des Körpers beeinträchtigen und schliesslich unter dem Bilde einer Leichengift-Cachexie, durch multiple Lymphdrüsen-Entzündungen und -Abscedirungen, die Erschöpfung des Organismus und den Tod herbeiführen. Eine genauere Beschreibung der chronischen Leichengift-Vergiftung vermag

das Wesen des Leichengiftes dürftiger, als über irgend einen anderen giftigen Stoff. Hier wissen wir nicht einmal, unter welchen Bedingungen dasselbe entsteht; ob es in allen Leichen enthalten ist oder nur in einigen; ob es nur in bestimmten Perioden der Fäulniss und vielleicht unter bestimmten äusseren Einflüssen entsteht oder zu jeder Zeit sich findet; mit anderen Worten, ob das Leichengift ein gewöhnliches Product der cadaverösen Zersetzung ist oder ein specifischer Stoff, ähnlich wie das Wurst- und Fischgift; ferner, ob alle Organe dasselbe enthalten oder nur einige (Blut und Lymphe), und ob es gelöst in diesen enthalten ist oder in moleculärer Form; endlich ob bestimmte voraufgegangene Krankheiten (Septicämie, Pyämie, Typhus u. a.) zur Entstehung des Leichengiftes prädisponiren, oder ob auch gesunde Leichen (z. B. von Selbstmördern) in derselben specifisch giftigen Weise wirken. Kurz, eine Fülle von Fragen, an deren Beantwortung der eigene Beruf der Aerzte das dringendste Interesse hat, liegt hier noch gänzlich unerledigt vor uns. Ich würde es für ein überaus verdienstliches und gewiss auch fruchtbringendes Unternehmen nach dieser Richtung hin halten, wenn irgend eine Academie oder eine medicinische Facultät, vielleicht in Form einer Preisaufgabe, jüngere Kräfte zu Untersuchungen über diesen wichtigen Gegenstand anregte. Zweck einer solchen Untersuchung könnte zunächst nicht sein, das Leichengift selbst aufzusuchen und darzustellen, — damit wäre vor der Hand für das praktische Bedürfniss des Arztes und Forschers wohl sehr wenig gewonnen, — sondern in erster Linie, die Bedingungen zu ermitteln, unter welchen das Leichengift entsteht und durch welche es vernichtet wird. Erst eine genaue Kenntniss dieser Bedingungen wird uns die Mittel und Wege lehren, durch welche einestheils die Bildung des Giftes verhindert, anderntheils seine Wirksamkeit bekämpft werden kann.

Die Aufnahme des Giftes in den Körper erfolgt bekanntlich in der Regel von den äusseren Bedeckungen aus, indem der Saft der menschlichen oder thierischen Leiche bei Beschäftigungen an derselben mit dem Messer, also vornehmlich bei Operations- und Präparirübungen, in zufällig erhaltene kleine Verletzungen der Haut eindringt. Stichwunden gelten im Allgemeinen für gefährlicher, als Schnittwunden, ferner kleine oberflächliche, nicht blutende Beschädigungen für ungünstiger, als grössere blutende; ohne Zweifel hat der mechanische Effect des Blutens auf das Haften

des Giftstoffes einen entscheidenden Einfluss. Hieraus erklärt sich auch die alte Regel erfahrener Anatomen, man solle am Secirtisch erhaltene Wunden stets reichlich bluten lassen oder, falls die Wunde nicht von selbst blutet, durch tüchtige Kreuzschnitte die Blutung hervorrufen und künstlich befördern. Aber auch ohne eine Wunde im eigentlichen Sinne, durch einfache Excoriationen und sehr junge Narben kann erfahrungsgemäss eine Infection mit Leichengift zu Stande kommen; dies erklärt sich nach Billroth aus dem anatomischen Grunde, dass die Ausbreitung der am meisten resorbirenden wandungslosen Lymphgefässnetze gerade in der oberflächlichsten Schicht der Cutis liegt.

Uebrigens verdient hervorgehoben zu werden, dass durchaus nicht jede Verletzung am Leichentisch, auch wenn keine Schutzmassregeln (Blutung, Aussaugen, Auswaschen) angewendet wurden, zur Vergiftung führt; es lässt sich zu einer gewissen Beruhigung der Aerzte constatiren, dass die Zahl der Vergiftungsfälle mit Leichengift zu der Häufigkeit der Verletzungen am Cadaver in gar keinem Verhältniss steht. In wieweit hierbei die übliche Anwendung von Essigsäure, Kalilauge, Höllenstein und rauchender Salpetersäure als Desinficiens in Betracht zu ziehen ist oder die oben von mir angedeutete Vermuthung zutrifft, dass nur gewisse Leichen, und diese auch wohl nur in einer bestimmten Zeitperiode der Fäulniss, das „Leichengift" enthalten, muss erst durch genauere Untersuchungen festgestellt werden. Thatsache ist nur, dass Vergiftungsfälle vorkommen trotz Anwendung der genannten Aetzmittel, ebenso wie viele Verletzungen auch ohne die Anwendung von Präventivmassregeln keine Vergiftung zur Folge haben. Besondere Prüfung verdient weiterhin namentlich die Angabe einiger Anatomen, dass die perniciöseste Wirkung in der Regel solchen Leichen innewohnt, welche sehr früh nach dem Tode, oft noch warm, zur Section kommen; sollte sich diese Angabe bestätigen, so wäre eine gewisse Analogie des Leichengiftes mit dem Verhalten anderer septischer Gifte, insbesondere dem Gift der impfbaren Septicämie der Thiere, unverkennbar.

Die Wirkung des Giftes im Körper äussert sich in einer localen und einer allgemeinen Reaction; bei der letzteren hat man wieder die acute und die chronische Form der Vergiftung zu unterscheiden.

Die rein localen Giftwirkungen treten fast ausschliesslich an

und namentlich der letzten Decennien wesentliche Umgestaltungen erfahren. Früher nahm man gewöhnlich eine directe Aufnahme der giftigen Faulstoffe in den menschlichen Körper an und suchte diese krankheiterzeugenden Stoffe theils in den staubförmigen, losgelösten Partikelchen putrider Substanzen, theils in den übelriechenden, gasförmigen Exhalationen derselben, welche die Luft bewohnter Orte verunreinigen (μιαίνω, Miasma) und auf diesem Wege in den Mund oder in die Lungen der Menschen gerathen. So dachte man sich schon im alten Latium insbesondere den seit altersher bekannten Einfluss der pontinischen Sümpfe auf die Entstehung von Sumpffiebern [1]), so im Mittelalter bis in den Anfang dieses Jahrunderts hinein den Einfluss der Anhäufungen von Menschenmassen und menschlichen Excrementen auf die Entstehung von Ruhr, von Lazareth- und von Gefängnissfieber (Typhen), ferner der sogenannten Lagerfieber (Malaria und Typhus) nnd einiger anderer [2]). Dieser Auffassung entstammt auch die namentlich im vorigen Jahrhundert gangbare Bezeichnung „Faulfieber“ (Febris putrida) für eine ganze Reihe solcher auf faulige Infection zurückgeführter Krankheiten, für welche wir in neuerer Zeit die Namen

---

[1]) Varro sucht den schädlichen Einfluss der Sümpfe auf die Gesundheit der Bewohner in der Entstehung kleiner unsichtbarer Wesen, welche von den Sümpfen aus in den Körper des Menschen eindringen. — „Advertendum etiam, si qua erunt loca palustria et propter easdem causas et quod arescunt, crescunt animalia quaedam minuta, quae non possunt oculis consequi, et per aërem intus in corpora per os ac nares perveniunt atque efficiunt difficiles morbos.“ (De re rustica, Lib. I, p. 12.) — Varro wird daher von Vielen — ob mit Recht oder Unrecht, mag dahingestellt bleiben — als der Stammvater der heutigen Parasitentheorie betrachtet.

[2]) Ueber diesen Einfluss der putriden Miasmen auf die Entstehung endemischer Krankheiten finden sich, um von vielen Autoren nur einen anzuführen, sehr eingehende und sorgfältige Angaben in dem schon früher erwähnten Buche des englischen Armeearztes und Generalphysikus der britischen Truppen Ritter, Baronet Johann Pringle: „Beobachtungen über die Krankheiten der Armee“, deutsch übersetzt von Dr. A. E. Brande, Altenburg, 1772. In diesem seiner Zeit werthvollen Buche handelt Theil II, Cap. II, Abschn. 3: „Von den Krankheiten, die von fauler Lufft entstehen“; ferner Cap. III, Abschn. 3: „Wie die von fauler Lufft entstehenden Krankheiten zu verhüten.“ Pringle bezeichnet darin die „Fäulung der Lufft“ als die vielleicht tödtlichste aller Ursachen für die Armeekrankheiten und giebt vier Arten einer solchen schlimmen Luft an: „1) eine solche, die von dem verdorbenen Wasser der Sümpfe entspringet; 2) eine solche, welche von den Abtritten eines Lagers und dem um das Lager herumliegenden Menschenkoth ausgeht; 3) die dritte Art fauler Luft rührt von dem in den Zelten verfaulenden Lagerstroh her, und die 4) Art ist die, welche in Lazarethen eingeathmet wird, wenn diese zu voll von Leuten sind, welche an faulenden Krankheiten darniederliegen (auch vollgedrängte Baracken und Transportschiffe).“ — Wie man sieht, bereits die Grundzüge unserer modernen Hygiene.

Flecktyphus, Unterleibstyphus, Septicämie u. s. w. gebrauchen. Gerade diese Bezeichnung „Febris putrida", wenn sie auch ein sehr allgemeiner Begriff ist und sehr verschiedenartige Krankheiten in sich zusammenfasst, beweist uns doch, wie lebendig den älteren Aerzten die Vorstellung von der schädlichen Wirkung faulender organischer Stoffe und von dem ätiologischen Zusammenhange gewisser Krankheiten mit ihnen vor Augen schwebte [1]).

Im Beginn dieses Jahrhunderts hat man jene unbestimmte Bezeichnung fallen gelassen und die zu dieser Gruppe gerechneten Krankheiten als selbstständige, unter einander sehr verschiedene Processe der gesammten Klasse der „zymotischen" oder ansteckenden Krankheiten zugerechnet. Man verband damit zugleich die im Wesentlichen noch heute gangbare Vorstellung, dass es sich bei dieser Gruppe von Krankheiten um einen krankheitserregenden Stoff (Miasma) handelt, welcher nach Art des Sauerteigs und der Hefe fermentative Eigenschaften besitzt; durch irgend ein Medium (Vehikel) in den menschlichen Körper eingeführt, ruft er hier gärungsartige Umsetzungen hervor und wird durch diesen Umsetzungsprocess im Körper theilweise wieder reproducirt, theilweise nicht. Im ersteren Falle, in welchem also das Krankheitsgift von dem erkrankten Individuum auf Gesunde übertragbar ist und so immer wieder neue Krankheit erzeugt,

---

[1]) Diese Auffassung spielte auch schon in der galenischen Pathologie eine gewisse Rolle. In der Vorrede zu den Schriften des Hippocrates heisst es z. B.: „Potest interdum efficere morbum universalem haustus aquae infectae, quod quidem memoriae proditum est in castris accidisse." (Galenus, praef. comment. in Hippocr. Lib. I.) — Ausführlicher spricht er sich hierüber in seinem Buche „De febrium differentia", I, Cap. 4 aus, indem er z. B. sagt: „In pestilenti vero aëris statu inspiratio plurimum est causa. Fit enim aliquando ob eos qui sunt in corpore humores ad putrescendum paratos cum brevem aliquam occasionem ad febris originem ab aere ambitiente acceperit animal. Magna autem ex parte ex inspiratione incipit aëris circumstantis a putrescibili evaporatione infectio. Putredinis autem principium vel cadaverum multitudo non crematorum (est), quemadmodum in proeliis contingere solet, aut ex aliquorum vel lacuum vel paludum aestatis tempore evaporatione. . . ." — Endlich finden sich auch in A. v. Haller's Schriften mehrfache Aeusserungen über die durch Fäulniss entstehenden Krankheiten. So heisst es in einer seiner zahlreichen physiologischen Schriften: „Nihil autem potentius humores nostros corrumpit, quam ipsa putrilago, utcunque in corpus nostrum recepta. Cibus putridus animalium lue (Zersetzung) peremptorum esus, vapores cadaverum foetidi et caemeteriorum et putrescentis brassicae . . . et muscorum margaritiferorum . . . aër praegnans exhalationibus hominum copiosioribus . . . pestiferas febres excitant (Corp. hum. fabrica et funct., Cap. III, p. 153 u. 154).



ich nicht zu geben, da mir genauere Angaben und eigene Beobachtungen hierüber fehlen.

Den Vorgang der Infection hat man sich bei dieser abscedirenden Form nach Billroth[1]) so vorzustellen: „Es wird eine kleine Quantität Saft aus der Leiche in die Wunde eingeführt; hier nehmen die eröffneten Lymphcapillaren diesen fauligen Stoff auf und fördern ihn in die Stämme der Lymphgefässe. Jetzt kann in diesen rasch eine Gerinnung eintreten, und der faulige Stoff wirkt dann specifisch reizend nur auf einen kleinen Bezirk. Im anderen Falle wirkt der faulige Stoff fermentirend auf die Lymphe; doch gerinnt die Lymphe erst in den nächsten Lymphdrüsen, oder es werden durch die starke Schwellung der Drüsen die intraacinösen Lymphwege zusammengedrückt und so die Passage verhindert. Auch in diesem Falle bleibt die Erkrankung local, wenn auch auf eine Strecke ausgedehnt und nicht selten zu Eiterung mit Fieber (wie auch bei anderen nicht specifischen Entzündungsprocessen) führend."

Wie der genauere pathologische Hergang hierbei auch sein mag, soviel scheint durch die bisherige Erfahrung festzustehen, dass der Ausgang in Abscedirung immer als ein relativ salutäres Ereigniss angesehen werden kann, insofern hier die toxischen Allgemeinerscheinungen zurücktreten. In schwereren Fällen dagegen pflegt das Umgekehrte der Fall zu sein: die Entzündung der Haut und der Lymphgefässe erreicht nur mässige Dimensionen; es kommt nicht zur Eiterung, das Fieber dagegen steigt zu einer bedrohlichen Höhe. Bald gesellen sich nervöse Symptome hinzu (Delirien, Sopor), und unter schnellem Verfall der Kräfte, unter Cyanose und tiefem Collaps geht der Kranke nach wenigen Tagen zu Grunde.

Diese Art der Infection unterscheidet sich fast nur noch der Intensität nach von der vierten Form der Vergiftung mit Leichengift — der reinen Blutvergiftung. Diese Erkrankung gleicht nach Erscheinungen und Verlauf ganz dem Bilde der schweren acuten Septicämie; sie tritt ohne jedwede Localisation auf und verläuft, wie jene, oft schon innerhalb 50 Stunden ausnahmslos tödtlich. Wenige Stunden nach des Aufnahme des Giftes, die bis dahin von den Verletzten nicht selten unbemerkt geblieben ist,

[1]) Th. Billroth: Die allgemeine chirurgische Pathologie und Therapie. Berlin, 1868. 3. Aufl. S. 404.



tritt Unbehagen, Frösteln, Kopfweh und starke Abgeschlagenheit auf; es gesellt sich, oft mit einem Frost eingeleitet, hohes Fieber hinzu. Der Kranke klagt über Uebelkeit, Benommenheit des Kopfes und verfällt bald in lebhafte Delirien. Demnächst tritt Sopor auf, Bewusstlosigkeit, Sinken der Temperatur, Verfall der Gesichtszüge und Cyanose der Lippen und Ohren; der flatternde Puls wird unregelmässig und aussetzend; unter tiefem Coma und fortschreitendem Collaps erfolgt dann in kurzer Zeit der Tod.

Diese verschiedenen Formen der örtlichen und allgemeinen Infectionen scheinen darauf hinzudeuten, dass das Leichengift in sehr verschiedener Modification oder Zusammensetzung auftritt, in ähnlicher Weise wie das septicämische und putride Gift. Doch wollen wir uns darüber keinen voreiligen Vermuthungen hingeben, sondern Aufklärung über diesen und so viele andere, noch völlig dunkele Punkte von weiteren Untersuchungen erwarten.

An die bisher besprochenen Krankheiten, welche insgesammt auf eine directe Einführung faulender bezw. zersetzter Stoffe in den menschlichen Körper zurückzuführen sind, schliesst sich noch eine andere Gruppe von Processen an, bei welchen ein solches Eindringen von septischen Giften zwar nicht stattfindet oder doch nicht nachweisbar ist, welche aber dennoch mit Fäulnissprocessen erwiesenermassen in einem sehr innigen, theils directen theils indirecten ursächlichen Zusammenhang stehen. Zu diesen Krankheiten gehören die **Malariafieber**, der **Typhus abdominalis** und die **Cholera**, ferner mit grösserer oder geringerer Wahrscheinlichkeit die **Ruhr**, der **Flecktyphus** und das **Gelbfieber**. Die hervorragende Bedeutung, welche diese oft in so verheerender Weise auftretenden Infectionskrankheiten für Gesundheit und Wohlstand der Bevölkerung in neuerer Zeit erlangt haben, rechtfertigt es, wenn wir in Kürze die Momente betrachten, welche die Entstehung und die Ausbreitung dieser Krankheiten bedingen oder begünstigen.

Dass Fäulnissprocesse häufig zur Entstehung schwerer epidemischer Krankheiten Veranlassung geben können, ist eine uralte Erfahrung; doch hat die Art und Weise, wie man sich den Einfluss faulender Substanzen hierbei dachte, im Laufe der Jahrhunderte

nannte man diese Krankheit eine contagiöse oder ansteckende (im engeren Sinne); hierher gehören z. B. die Pocken, Masern, Scharlach, der Flecktyphus und die Syphilis. Im anderen Falle, wo das Krankheitsgift (Ferment) mit dem Krankheitsprocess (Gährung) im Körper sich erschöpft und die Krankheit immer nur durch die ursprüngliche, ausserhalb des Körpers gelegene Infectionsquelle wieder erzeugt und weiter verbreitet werden kann, wurde die Krankheit als eine miasmatische, durch unbekannte Verunreinigungen der Luft oder der Oertlichkeit erzeugte, bezeichnet; solche Krankheiten sind die Cholera, der Abdominaltyphus und das Wechselfieber.

Diese Eintheilung ist im Grossen und Ganzen noch heute üblich, wenngleich dieselbe manche Mängel besitzt und der genauere Sachverhalt, wie er uns zur Zeit bekannt ist, noch zur Aufstellung einiger Unterabtheilungen nöthigt. Auch die Vorstellung von dem fermentativen Charakter der krankheitserregenden Stoffe ist noch für die überwiegende Mehrzahl der Contagien die herrschende. Nur in der weiteren Frage, ob diese pathogenen Stoffe chemische Fermente sind, wie die bekannten physiologischen Fermente des Thier- und Pflanzenkörpers, oder ob es lebende parasitäre Organismen sind, wie die Hefe und die pflanzlichen Parasiten der menschlichen Haut, darüber gehen die Ansichten der Autoren mehr oder weniger auseinander.

Für die Zwecke unserer vorliegenden Betrachtung erscheint es zunächst völlig gleichgültig, ob man sich die von faulenden Substanzen ausgehenden Krankheitsstoffe belebt oder unbelebt vorstellen will; ich kann daher auf eine Erörterung dieser schwierigen und kaum mit irgend welcher Sicherheit zu entscheidenden Frage unbedenklich verzichten, um so mehr, als bis jetzt sehr wenig Positives hierüber bekannt ist. Hier kommt es uns nur darauf an, den Zusammenhang gewisser Infectionskrankheiten in Beziehung auf Entstehung und Ausbreitung mit Fäulniss- und Vermoderungsprocessen nachzuweisen, gleichviel ob dieser Zusammenhang durch belebte oder unbelebte, durch chemische oder parasitäre Stoffe vermittelt wird.

Diejenige Krankheit, bei welcher dieser Zusammenhang schon seit den ältesten Zeiten her bekannt und jedem Laien evident war, sind die **Malariafieber**, welche in mannigfachen Formen, theils als periodische intermittirende Fieberparoxysmen, theils als schweres

remittirendes Fieber, theils auch als Störungen in verschiedenen Gebieten des Centralnervensystems auftreten. Ihre Abhängigkeit von vegetabilischen Vermoderungsprocessen erweist sich am deutlichsten in der ausserordentlich grossen Verbreitung derselben über fast alle diejenigen Punkte und Landstrische der Erde, welche durch sumpfige Beschaffenheit des Bodens ausgezeichnet sind oder in Folge von regelmässigen Ueberschwemmungen und anderweitigen Durchnässungen des Erdreichs günstige Bedingungen für die Vermoderung abgestorbener Vegetabilien darbieten. Wir finden Malariafieber sowohl in den Maremmen Toscanas und der Umgebung der pontinischen Sümpfe, als auch in den weiten Flussniederungen der Weichsel, Warthe, Donau, Elbe und Wolga, ferner in den Marsch- und Moorgegenden der nördlichen Klimata nicht minder, als ganz besonders und in den schwersten Formen in den feuchten Küstenländern der Tropen. Auch nicht blos über grössere Ländergebiete mit obigem tellurischen Charakter, sondern selbst an ganz umschriebenen Bezirken, wie z. B. in einzelnen Ortschaften inmitten einer sonst fieberfreien Landschaft, ja selbst in einzelnen Stadttheilen und in einzelnen Häusern kommen Malariaerkrankungen theils sporadisch, theils förmlich endemisch vor; aber auch hier lässt sich fast jedesmal das Vorhandensein einer moderigen Infectionsquelle in Gestalt stagnirender Gewässer, sumpfiger Gräben und Teiche oder feuchten, humusreichen Erdreichs nachweisen. Ueberhaupt man kann sagen, dass überall da, wo Porosität des Erdreichs, starke Feuchtigkeit desselben und Reichthum an abgestorbener vegetabilischer Substanz gegeben sind, Malaria mit grosser Regelmässigkeit und nur seltenen Ausnahmen angetroffen wird.

Ob es bestimmte Vegetabilien oder vegetabilische Stoffe sind, welche bei ihrer Zersetzung das Malariagift erzeugen, ferner ob eine specifische Zersetzung gewisser Pflanzenstoffe oder ob der gewöhnliche Process der Vermoderung die Quelle des Giftes ist, endlich ob eine besondere Beschaffenheit des Erdreichs oder eine besondere Mischung des Wassers die Entstehung des Giftes begünstigen, das Alles lässt sich bis jetzt in keiner Weise entscheiden. „Eine Mischung von Seewasser mit Quell- und Regenwasser, welche in Sümpfen in der Nähe des Meeres stattfindet und durch das Uebertreten des Meeres bei hoher Fluth oder bei starken Winden herbeigeführt wird, das sogenannte Brackwasser, scheint besonders dadurch nachtheilig zu sein, dass viele Süsswasser- und

Seewasserpflanzen, welche jene Mischung enthält, weil sie in derselben nicht gedeihen können, absterben und verwesen." [1])

Gewiss aber ist, dass alle diejenigen Momente, welche die Vermoderung abgestorbener Pflanzen begünstigen, auch auf die Entstehung des Giftes fördernd einwirken. Es ist Thatsache, dass in Malariagegenden die Fiebererkrankungen regelmässig in dem Maasse zu- oder abnehmen, als die Bedingungen für die Vermoderung der Vegetabilien günstig oder ungünstig sich gestalten. Zu diesen Bedingungen gehört nicht nur das Wasser und die Stagnation oder ein mit stagnirendem Wasser durchtränktes lockeres Erdreich, sondern auch der Zutritt der atmosphärischen Luft, die Wärme und die Jahreszeit. Das Wasser allein oder die Wärme für sich oder der Zutritt der Luft allein zur todten vegetabilischen Substanz bewirkt die Entstehung des Giftes noch nicht; sondern es müssen das Wasser, die Wärme und die atmosphärische Luft gleichzeitig auf dieselbe einwirken. Wir sehen daher Malariakrankheiten in Fiebergegenden regelmässig abnehmen oder erlöschen, wenn Sumpfdistricte oder früher überschwemmt gewesene Landstriche in Folge Rücktritts des Wassers und andauernder Einwirkung der Sonnenwärme, wie im heissen Hochsommer, vollständig austrocknen und verdorren, oder wenn mit dem Eintritt der Winterkälte die Sümpfe zufrieren und das feuchte Erdreich erstarrt; hier fehlt eben im ersteren Falle das Wasser, im anderen Falle Wärme und Luft, um Zersetzungen möglich zu machen. Umgekehrt entspricht der absoluten Trockenheit des Sumpfbodens der Ueberreichthum desselben an Wasser, wie er z. B. statthat, wenn, wie fast alljährlich im Frühjahr, die Niederungen grosser Flüsse durch das übertretende oder durch den Boden dringende Wasser überschwemmt werden. So lange hier die gifterzeugenden Malariadistricte vollständig unter Wasser gesetzt sind, so dass die atmosphärische Luft keinen Zutritt zu denselben hat, gehen die Vermoderungsprocesse an den absterbenden Pflanzen auch nur sehr langsam von Statten; dementsprechend treten auch Malariaerkrankungen in solchen Jahreszeiten in der Regel nur spärlich auf oder fehlen auch wohl ganz. Sobald indess im April und Mai das Wasser anfängt sich zu verlaufen, die Flüsse abschwellen und nun

---

[1]) Niemeyer: Lehrbuch der speciellen Pathologie und Therapie. Berlin, 1868. II, S. 696.

der mit abgestorbenen Thieren und Pflanzen bedeckte, wasserdurchtränkte Sumpfboden seine Oberfläche der Einwirkung der Luft und der Sonnenwärme preisgiebt, nehmen die Erkrankungen an Wechselfieber unter den Bewohnern an Umfang und Intensität rapide zu. Die Monate Mai, Juni und Juli sind daher in solchen Marschgegenden unserer Zone stets durch die grösste Frequenz der Erkrankungen im Jahre ausgezeichnet.

Derselbe Einfluss der genannten, die Vermoderung begünstigenden Bedingungen zeigt sich auch in dem Verhalten der einzelnen Jahre. Dürre Jahre mit wenig Regen und anhaltender Hitze, in welchen die Sümpfe und feuchten Niederungen mehr oder weniger austrocknen, weisen immer eine geringere Morbilität an Malariafieber auf; ebenso sehr nasse Jahre, in welchen die feindseligen Districte fast beständig unter Wasser gehalten werden. Dagegen erweisen sich heisse Jahre mit regelmässigen, nicht zu reichlichen Niederschlägen der Erkrankungsziffer immer am günstigsten. Dieselben Einflüsse erklären auch die ausserordentliche Verbreitung der Malariakrankheiten in der heissen Zone, namentlich in denjenigen Ländern, welche sich nicht durch zu grosse Trockenheit auszeichnen, also in den ausgedehnten Küsten- und Flussgebieten von Ost- und West-Afrika und von Asien. Die dürren, heissen Hochländer Central-Asiens dagegen erzeugen ebenso wenig Malariagift, wie die kalten Polarländer der nördlichen Hälfte.

Diese sehr augenfällige Coincidenz der Malariakrankheiten mit solchen örtlichen, klimatischen und meteorologischen Verhältnissen, welche das Zustandekommen vegetabilischer Zersetzungsprocesse in ausgesprochener Weise begünstigen, insonderheit das adäquate Steigen und Fallen in der Frequenz der Erkrankungen mit der Zunahme und Abnahme dieser Vermoderungsprocesse, das Alles rechtfertigt die Annahme, dass das Krankheitsgift bei diesen Zersetzungen gebildet und von den sumpfigen oder moderreichen Districten in die Atmosphäre ausgehaucht wird.

Diese Ansicht ist auch von altersher von den Beobachtern ausgesprochen und festgehalten worden. Nur hinsichtlich der Qualität des durch die Vermoderung erzeugten Giftes gehen die Meinungen der Autoren weit auseinander. Die Einen nehmen mit mehr oder weniger Willkür gasförmige Producte, z. B. ätherische Oele, als den giftigen Stoff an; Andere erblicken die schädliche

Potenz in staubförmigen, von der vertrocknenden, moderigen Substanz losgelösten kleinen Partikelchen; noch Andere — und diese bilden heutzutage die Mehrzahl — betrachten kleinste lebende Organismen (Algen und Pilze), welche in modernden Stoffen gedeihen, als die Krankheitsursache, und zwar einen specifischen Pilz, der jedoch ebenso, wie das specifische chemische Gift, noch gefunden werden soll. Ich kann auf eine Kritik dieser verschiedenen Hypothesen hier nicht näher eingehen, da es uns an positiven Anhaltspunkten hierfür fehlt. Bemerkt sei nur noch, dass mancherlei Beobachtungen und Erfahrungen dafür sprechen, dass es sich hier um einen körperlichen Stoff handelt, welcher sich nur bis zu einer bestimmten, relativ geringen Höhe über einen Malariadistrict erhebt und durch oft unbedeutende mechanische Hindernisse, z. B. eine niedrige Hügelkette, eine Mauer oder dichtes Gebüsch, von der Communication mit benachbarten Landstrischen ferngehalten werden kann. Damit bleibt aber die Frage, ob Parasit oder chemisches Gift (oder vielleicht Giftpflanze, also beides), immer noch eine offene.

In neuerer Zeit hat A. Hirsch[1]), ein hochverdienter Forscher auf dem Gebiete der Infectionskrankheiten, die obige Ansicht von der directen Erzeugung des Malariagiftes durch modernde Stoffe zu erschüttern gesucht und gewichtige Gründe dagegen ins Feld geführt. Er stützt sich namentlich auf einige Ausnahmen der vorangestellten Regel, nämlich auf das Vorkommen von Malariakrankheiten in nicht sumpfigen Gegenden und andererseits auf das Fehlen dieser Krankheiten in exquisiten Sumpfdistricten. So hat Hirsch hervorgehoben, dass in Neu-Seeland, auf Vandiemensland und den Sandwichs-Inseln, ferner in den morastigen Pampas der Laplatastaaten, auf den Bermuda-Inseln und in Neu-Caledonien, welche durchaus nicht frei sind von feuchten, sumpfigen Landstrichen, selbst bei warmer Temperatur keine Malariakrankheiten herrschen; während in manchen nicht sumfigen oder hoch gelegenen Orten, z. B. auf dem Hochplateau von Neu-Castilien, Erkrankungen an Malaria nicht selten sind. Hirsch schliesst daraus, dass das Malariagift kein Vermo-

---

[1]) A. Hirsch: Handbuch der historisch-geographischen Pathologie. Bd. I, S. 32 u. ff. Erlangen, 1861 u. 1862. — Hier findet der Leser eine vortreffliche und erschöpfende Darstellung der geographischen Ausbreitung der Malariakrankheiten über den ganzen Erdkreis.

derungsproduct der Sümpfe sei, sondern ein Accidens, welches von aussen zu vermodernden Stoffen erst hinzutreten müsse und in diesen allerdings den günstigsten Boden für seine Entwickelung finde, aber auch ohne dieselben gedeihen könne.

Ich habe diese bisher von mir getheilte Ansicht meines verehrten Lehrers einer neuen, selbstständigen Prüfung der hier in Betracht kommenden Momente unterzogen, bin jedoch zu etwas abweichenden Resultaten gekommen. Wenn in einzelnen und noch dazu sehr vereinzelten Sumpfgegenden Malariakrankheiten nicht vorkommen, so kann daraus, meine ich, wohl noch nicht geschlossen werden, dass Vermoderungsprocesse in Sümpfen an und für sich das Malariagift überhaupt nicht erzeugen. Vor der Hand lässt sich aus diesen Beobachtungen doch nur der Erfahrungssatz ableiten, dass nicht jeder Sumpf und nicht jede Anhäufung von vermodernden Stoffen die Bildung des Malariagiftes zur Folge hat. So wenig aber wie jede verdorbene Wurst und jeder faule Käse, wie wir gesehen haben, Wurstgift bezw. Käsegift erzeugt, und dennoch alle Momente für die Entstehung dieser Stoffe durch faulige Zersetzung sprechen, ebenso wenig braucht auch jeder Sumpf und jeder feuchte Boden das Sumpfgift zu enthalten; hier wie dort können eben specifische, uns noch unbekannte Zersetzungen die Quelle der Bildung jener giftigen Stoffe sein, welche Zersetzungen vielleicht nicht immer vorhanden sind, aber doch nur selten unter den der Vermoderung günstigen Bedingungen zu fehlen scheinen.

Für die seltenen Malariaerkrankungen, welche an anscheinend nicht sumpfigen Orten vorkommen, ist von mehreren Beobachtern hervorgehoben worden, „dass zwar die Oberfläche trocken, der Untergrund aber sehr wasserreich ist, und durch Risse oder durch poröse Beschaffenheit der Oberfläche Luft und Wärme hinzutreten kann“ (Kunze)[1]. Hier sollen Fieberfälle namentlich dann sehr zahlreich sein, wenn eine tiefliegende Thonschicht den Abfluss des Wassers aus dem Erdreich verhindert, sodass die in der Erde enthaltenen Humusstoffe nun einer ausgiebigen Vermoderung anheimfallen können. Ebenso ist nach Niemeyer[2]) für manche Gegenden, in welchen Wechselfieber

[1]) C. F. Kunze: Lehrbuch der praktischen Medicin. Leipzig, 1873.
[2]) a. a. O. S. 329.



unter anscheinend entgegengesetzten Verhältnissen, namentlich bei grosser Trockenheit, auftreten, nachgewiesen, „dass der Boden sehr reich an Grundwasser ist, und dass unter einer trockenen porösen und durch die Sonnenwärme zerklüfteten Rinde unterirdische Sümpfe vorhanden sind.“

Noch andere Erfahrungen aber scheinen mir in positiver Weise für die directe Erzeugung des Giftes durch Vermoderung zu sprechen. Es sind dies die merkwürdigen und den Beobachtern stets aufgefallenen Fiebererkrankungen, welche zuweilen auftreten, wenn feuchtes jungfräuliches Erdreich frisch aufgegraben wird, so dass die tieferen humusreichen Bodenschichten nun frei zu Tage liegen. Fälle derart sind namentlich in den letzten Jahrzehnten in grosser Zahl berichtet worden; man beobachtete Malariaerkrankungen beim frischen Umackern feuchten Wiesengrundes, beim Aufreissen eines Strassendammes behufs Anlegung von Canälen und Wasserröhren, bei den Erdarbeiten in Festungen (Laufgräben) u. s. w. Bei der Belagerung von Sebastopol z. B. entstanden in Folge der ausgedehnten Erdarbeiten unter den Franzosen schwere Fieberepidemieen, die keine andere Erklärung zuliessen, als dass beim Umwerfen des feuchten Bodens das Malariagift von dem humösen Erdreich ausgehaucht worden sei. Ebenso beobachtete Wenzel bei den Hafenbauarbeiten im Jahdebusen schwere und ausgebreitete Fiebererkrankungen unter den Erdarbeitern, so oft das brachliegende feuchte Erdreich in grösserer Ausdehnung freigelegt wurde. In Halle endlich, wo Intermittenten zu den Seltenheiten gehören, beobachtete Kunze vor einigen Jahren, als bei Legung der Wasserleitung das Strassenpflaster aufgerissen wurde und in dem reichlich durchtränkten Boden 6—7 Fuss tiefe Gräben gezogen wurden, gleichfalls mehrfache Erkrankungen an Malaria. In allen diesen Fällen kann man doch nicht gut annehmen, dass das Malariagift erst als ein Accidens von aussen hinzugetragen und 6—7 Fuss tief in den Boden gedrungen sei, sondern muss glauben, dass das Gift in den feuchten, humusreichen Erdschichten bereits vorhanden gewesen, also höchst wahrscheinlich durch die Zersetzung des Humus gebildet ist und nur durch die Freilegung dieser Schichten erst wirksam wurde.

Nach alledem, glaube ich, hat die ursprüngliche Annahme, dass das Sumpfmiasma durch die Vermoderungsprocesse selbst und

zwar wahrscheinlich durch specifische Zersetzungsprocesse in Sümpfen erzeugt werde und also ein Product der vegetabilischen Zersetzung sei, thatsächlich immer noch eine gewisse Berechtigung, gegenüber der anderen Meinung, dass es ein fremder, von aussen hinzukommender Stoff (Parasit) sei, welcher in modernden Vegetabilien nur den günstigsten Boden für seine Entwickelung finde.

Die Aufnahme des Malariagiftes erfolgt wohl fast ausschliesslich durch die Lungen, indem die mit dem Infectionsstoff erfüllte Luft (Mala aria) in Malariadistricten eingeathmet wird; wenigstens ist dies in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle die einzige Art der Communication, in welche die Bewohner mit der Infectionsquelle treten. In seltenen Fällen scheint auch durch den Darmcanal eine Infection zu Stande zu kommen; es sprechen dafür einige, allerdings wohl nicht immer verbürgte Mittheilungen, wonach das Trinken sumpfigen Wassers Fiebererkrankungen zur Folge hatte. In einem von Boudin[1]) beobachteten, sehr bemerkenswerthen Falle dieser Art erkrankten im Jahre 1834 auf dem Schiffe Argo von 120 Soldaten 103, welche von dem auf einer Station eingenommenen Sumpfwasser getrunken hatten, an verschiedenen, zum Theil perniciösen Formen von Wechselfieber; die Matrosen desselben Schiffes dagegen, welche gutes Trinkwasser hatten, blieben gesund. Auch die auf dem Schiffe nicht erkrankten Soldaten hatten sich das Trinkwasser von den Matrosen gekauft. —

Die Malariakrankheit ist wahrscheinlich die einzige von allen endemisch oder epidemisch auftretenden Infectionskrankheiten, deren Entstehung auf eine directe Einwirkung von Fäulniss- bezw. Vermoderungsprocessen zurückgeführt werden kann. Bei allen anderen scheint der Einfluss derselben ein mehr indirecter zu sein, insofern sie der Entwickelung oder der Verbreitung des Krankheitskeimes Vorschub leisten. Es gilt dies insbesondere von dem **Typhus abdominalis** und der **Cholera asiatica.**

Die Untersuchungen über die Aetiologie und Prophylaxe dieser beiden Krankheiten, welche von allen Infectionskrankheiten der Neuzeit wohl am häufigsten und verheerendsten in Europa auftreten, sind innerhalb der letzten Decennien mit rüstigem Eifer

---

[1]) Boudin: Traité de fièvres intermittentes. Paris, 1842, p. 66. — Hertz: Malariakrankheiten. (v. Ziemssen's Handbuch, II, 2, S. 791.)



gefördert worden. Die Erkenntniss, dass nichts mehr Gesundheit, Kraft und Wohlstand einer Nation untergräbt, als schwere und stationäre Seuchen, hat endlich Eingang in die weitesten Kreise der Bevölkerung gefunden und befruchtend auf die aller Orten neu belebte hygienische Thätigkeit gewirkt. Wir sehen nicht blos Aerzte und Hygieniker, sondern auch zahlreiche Vereine und Behörden heute in dem gemeinsamen Streben vereinigt, durch fortgesetzte statistische, localistische und wissenschaftliche Untersuchungen die Ursachen und die Bedingungen für die Entstehung, wie für die Weiterverbreitung jener beiden Krankheiten aufzuklären.

Diesen Bestrebungen, insbesondere aber den Arbeiten des Führers dieser jungen Disciplin M. v. Pettenkofer, verdanken wir den nunmehr vollkommen gesicherten Nachweis, dass der Typhus sowohl wie die Cholera zu der Ausbreitung der Fäulnissprocesse im Bereich der Städte und zu der Verunreinigung des Erdbodens derselben mit organischen Substanzen in ganz bestimmten Beziehungen steht.

Bereits im ersten Capitel hatten wir bezüglich der örtlichen Ausbreitung der Fäulnissprocesse in der lebenden Natur kennen gelernt, dass die Frequenz derselben im Allgemeinen in demselben Maasse zunimmt, als die Anzahl lebender thierischer und pflanzlicher Wesen an einem Orte wächst. Je ausgedehnter und üppiger der Pflanzenwuchs, desto grösser die Ansammlung humöser Stoffe, und je zahlreicher die thierische oder menschliche Bevölkerung eines Orts, desto ausgiebiger die Fäulniss. Ebenso wie bei der Ansammlung der Hausthiere zu Heerden und Stallgemeinschaften die Menge des fäulnissfähigen Materials wächst im geraden Verhältniss zur Anzahl der einzelnen Individuen, so auch bei der Gruppirung der Menschen zu Dorfgemeinden und Städten.

Aber nicht blos die absolute Frequenz, sondern namentlich auch die Dichtigkeit der Bevölkerung entscheidet über die Anhäufung faulender Stoffe inmitten der menschlichen Gemeinschaft. Je mehr lebende Wesen auf einen bestimmten Bezirk zusammengedrängt sind, desto mehr fäulnissfähige organische Materie wird an diesem Ort deponirt. Dieser Einfluss zeigt sich nicht blos in grossen volkreichen Städten, in welchen das Beisammenwohnen der Menschen gewöhnlich in dem Grade zunimmt, als die Bevölkerung wächst, sondern auch in einzelnen, besonders stark bevöl-

kerten Anstalten, wie in Kasernen, Gefängnissen, Schulen und Fabriken. Es kann daher auch nicht aus der Gesammtzahl der Einwohner einer Stadt an und für sich ein Schluss gezogen werden auf die Grösse der event. Verunreinigung des städtischen Untergrundes, sondern lediglich aus der Dichtigkeit, mit welcher dieser Boden von Menschen und Thieren besetzt ist. Eine Stadt mit ausgedehntem Rayon, mit weitläufiger Bauart und niedrigen Häusern wird in dieser Beziehung viel günstigere Verhältnisse darbieten, als bei gleicher Einwohnerzahl eine andere Stadt von nur halber Ausdehnung, entsprechend engerer Bauart und höheren Häusern, oder auch als eine Stadt von gleicher Ausdehnung aber grösserer Einwohnerzahl und entsprechend engerer Anlage. Wir können es, wie schon früher hervorgehoben, geradezu als Regel auffassen, dass, abgesehen von gewissen anderen Einflüssen, der Umfang der Fäulnissprocesse und damit die Grösse der möglichen Verunreinigung des Erdbodens der Städte im geraden Verhältniss steht zu der Zahl und der Dichtigkeit der Bevölkerung.

Etwas anschaulicher werden diese Verhältnisse, wenn wir uns die Stoffe näher betrachten, welche hier dem Erdboden anheim gegeben werden und in faulige Zersetzung übergehen. Es sind dies insgesammt todte oder verbrauchte organische Massen, welche der lebende Mensch theils als Auswurfstoffe seiner Person, theils als Abfälle seiner Wirthschaft oder seines Berufs tagtäglich ausscheidet. Dahin gehören die sehr beträchtlichen, festen und flüssigen Excremente des Menschen und der Hausthiere, ferner die an vegetabilischen und animalischen Stoffen reichen Küchenabfälle, sowie der Kehricht, die Spül- und Gebrauchswässer des Hauses, und endlich die Abgänge von zahlreichen Gewerben und Fabriken, z. B. Schlächtereien, Gerbereien, Zucker- und Seifensiedereien, und mannigfache andere Dinge. Alles dies fällt nun grösstentheils dem Erdreich, als dem natürlichsten und nächstliegenden Ablagerungsplatze der menschlichen Wohnungen, und nur zu einem kleinen Theil auch wohl benachbarten fliessenden Gewässern, anheim und wird theilweise von demselben aufgesogen. Die Stoffe gerathen hier, begünstigt durch atmosphärische Niederschläge, durch Sonnenwärme und Luftzutritt, sehr bald in faulige Zersetzung und können nun ihren schädlichen Einfluss theils auf die Athmungsluft der Bewohner, theils durch Zumischung zu dem Boden- und

Grundwasser, welches von den Bewohnern getrunken wird, ausüben.

In so völlig primitiver Weise wird nun allerdings die Beseitigung der menschlichen Excremente und Auswurfstoffe in der Regel heute wohl nicht mehr gehandhabt, höchstens noch auf Dörfern und in sehr uncivilisirten Gegenden; gewöhnlich bedient man sich dazu in Städten besonderer Sammelorte auf den Höfen, in Form von Latrinen oder Senkgruben, Jauchebehältern, Schlammfängen und dergl., aus welchen die angehäuften Dejectionen von Zeit zu Zeit entfernt werden; oder auch man lässt die flüssigen Abfallstoffe mittelst Rinnsteinen oder Kloaken direct in grössere Kanäle, Gräben und Flüsse ablaufen.

Indess auch diese Art der Entfernung hat ihre mannigfachen Uebelstände und schützt nicht vor der Imprägnation des Bodens mit den faulenden Stoffen. Keine Kothgrube, möge sie nun einfach in die Erde eingegraben sein, wie die Düngergruben, oder mit einer Bretterfassung und Steinmauerung sich gegen das umgebende Erdreich abgrenzen, ist so dicht, dass nicht flüssige, gelöste und selbst feinste supendirte Bestandtheile gelegentlich durch sie hindurchgehen. Häufig sickert aus solchen in die Erde gelassenen Gruben die flüssige Jauche direct in das umgebende und darunter liegende Erdreich, und zwar um so reichlicher, je defecter von vornherein die Latrinenfassung war, oder je morscher die Holzwandung und je brüchiger die Steinmauerung mit der Zeit geworden ist. Dasselbe gilt natürlich von allen ähnlichen Einrichtungen, von Düngerstätten, Jauchebassins, von Schlammfängen und Kehrichtgruben, in welchen die Abfälle der Wirthschaft und des Gewerbes, meist für ökonomische Zwecke, wochenlang aufgestapelt werden und einer continuirlichen Zersetzung unterliegen. Auch durch übermässige Anfüllung solcher Behälter und Ueberlaufen des Inhalts über den Rand derselben, ferner durch absichtliches oder unabsichtliches Deponiren der Excremente und Auswurfstoffe neben denselben und andere unvermeidliche Uebelstände können Verunreinigungen des Erdreichs in grösserem oder geringerem Umfange zu Stande kommen.

Schon die Etablirung solcher perennirenden Fäulnissherde, wie der Latrinen und Senkgruben, inmitten der menschlichen Wohnstätten, meist auf schlecht ventilirten Hofräumen, ist an und für sich. ein sehr gravirendes Moment für die Salubrität dieser

Orte und die Quelle vielfacher, unabsehbarer Gefahren, sei es, dass die stagnirenden Massen durch ihre Emanationen den Bewohnern direct schädlich werden, oder dass sie die Brutstätte für allerlei specifische, durch die Luft erst zugeführte, krankheiterzeugende Stoffe bilden. Die Art dieses Einflusses ist noch nicht hinreichend genau festgestellt; die Thatsache selbst aber steht fest. Freilich hilft man sich vom ökonomischen Standpunkt aus vielfach mit der Ausrede, dass ja doch die Gruben und Bassins regelmässig entleert würden, mithin ein nachtheiliger Einfluss derselben auf die Gesundheit der Bewohner nicht zu erwarten sei. Allein wer einmal zugesehen hat, wie die Entleerung derartiger Behälter gewöhnlich gehandhabt wird, überzeugt sich sehr bald, dass die hierauf gegründete Hoffnung eine illusorische ist. Bei der Ausräumung gelingt es niemals, auch nicht durch die beste Behandlungsweise, die faulenden Massen aus der Grube vollständig zu entfernen; ein Theil derselben bleibt regelmässig in den Behältern zurück und wirkt nun auf die nachfolgenden frischen Excremente, wie der Sauerteig auf ungesäuertes Brod, fermentirend ein. Die Zersetzung der frischen Massen wird dadurch beschleunigt, und die Wirkung der faulenden Stoffe auf die Luft und das Erdreich der Wohnhäuser bleibt häufig genug dieselbe, als wenn die ursprünglichen putriden Massen gar nicht entfernt worden wären.

Aehnliche Uebelstände zeigen sich bei der Entfernung der streng flüssigen Stoffe, also der Haus- und Spülwässer, des Harns und der an organischen Stoffen reichen Abgänge aus Schlächtereien, Gerbereien und Fabriken. Die hier benutzten, aus Holzfassung oder Steinmauerung gebildeten Wasserläufe sind selten so dicht, dass sie nicht Flüssigkeit bequem hindurchsickern liessen; in den meisten Fällen, namentlich auf den Hofräumen der Wohnhäuser, sind sogar derartige Rinnsale ganz primitiver Art und stellen einfache rinnenförmige Vertiefungen des Pflasters dar (Rinnsteine), durch dessen Zwischenräume die wässerigen Stoffe mit Leichtigkeit in den Boden eindringen. Je dürftiger oder defecter dieses Pflaster und je lockerer der Untergrund solcher Hofräume ist, desto ausgiebiger kommt die Imbibition des Bodens mit den Abfallwässern zu Stande. Von Zeit zu Zeit treten überdies nicht selten in solchen Wasserläufen, in Folge Verschlammung oder anderer mechanischer Hindernisse, Stauungen ein; die Canäle füllen sich, stagniren und verbreiten, in Folge der alsdann eintretenden lebhaften

Zersetzungen, einen mephitischen Geruch. Dass solche Vorkommnisse sich in sanitärer Hinsicht mit Beziehung auf die Verunreinigung der Luft und des Erdbodens der Städte ganz ähnlich verhalten, wie die Stagnation in den Sammelbehältern, liegt auf der Hand.

Kurz, durch alle diese Verhältnisse, wie sie früher in grösserer oder geringerer Ausdehnung in allen Städten Jahrhunderte lang bestanden haben und auch jetzt noch mit geringen Abänderungen in weitaus den meisten Städten angetroffen werden, kann mit der Zeit eine Imprägnation des Untergrundes mit faulenden organischen Stoffen bewirkt werden, dessen Consequenzen für die Gesundheit der auf diesem Boden lebenden Bewohner unberechenbar sind. Es ist klar, dass bei einer täglichen Wiederholung des oben geschilderten Vorganges durch Monate, Jahre und Decennien hindurch früher oder später einmal ein Grad der Sättigung des Erdbodens der Städte mit faulen Abfallstoffen eintreten muss, welchen unschädlich zu machen weder die ursprünglich desinficirende Kraft der Erde, noch die spärliche pflanzliche Vegetation innerhalb der städtischen Mauern im Stande ist. Wie bald namentlich in dem Leben einer verkehrs- und volkreichen Stadt ein solcher Zustand eintreten muss, erhellt aus einer ungefähren quantitativen Schätzung derjenigen Stoffe, welche aus der menschlichen Wirthschaft ausgeschieden werden. v. Pettenkofer [1]) hat berechnet, dass auf eine einzige Person alljährlich an Auswurfstoffen etwa 90 Kgrm. Küchenabfälle und Hauskehricht, 34 Kilo Koth, 428 Kilo Harn, 15 Kilo Asche und 7300 Kilo Gebrauchswasser, in Summa 7867 Kilo oder mehrere Lastfuhren voll kommen, welche fortgeschafft werden sollen, damit sie nicht in den Boden eindringen. Von den ca. 150 Fuhren, welche nach ihm für die Bevölkerung Münchens alltäglich erforderlich wären, um nur die menschlichen Excremente aus dem Bereiche der Stadt zu entfernen, wurden in früheren Jahren kaum 10 Fuhren am Tage ausgeführt; mehr als 90 pCt. dieser Stoffe verblieben mithin innerhalb der Stadt und fielen theilweise dem Erdreich anheim. Welche erstaunlichen Dimensionen eine solche fortgesetzte und bei jeder Art Grubensystem fast unvermeidliche

[1]) Deutsche Zeitschr. f. Biologie, Bd. XII, S. 122.

Imprägnation des Bodens der Städte mit Abfallstoffen allmälig annehmen muss, wird man nach diesen Zahlen leicht ermessen.

Viele grosse und stark bevölkerte Städte in England, Deutschland, Frankreich und anderen civilisirten Ländern haben allerdings innerhalb der letzten Decennien bereits in weit vollkommenerer Weise für die Beseitigung jener massenhaften Auswurfstoffe gesorgt, theils durch unmittelbare Fortleitung derselben auf benachbarte sterile Flächen (Canalisation), theils durch geregelte periodische Entfernung in besonderen Behältern, meist in Verbindung mit Desinfection (Abfuhr). Durch die eine oder die andere Methode kann auch jedenfalls einer weiteren Verunreinigung des städtischen Untergrundes vorgebeugt werden. Allein diejenigen organischen Massen, welche der Erdboden vor Einführung dieser Massregeln durch Jahrhunderte hindurch in sich aufgenommen hat, werden dadurch noch nicht beseitigt, sondern verbleiben; und bis diese Massen durch fortschreitende faulige Zersetzung bis in ihre anorganischen Endproducte aufgelöst, d. h. homologe und völlig unschädliche Bestandtheile des Erdreichs geworden sind, wird noch eine ganze Reihe von Jahren vergehen.

Schwerer wiegt indess ein anderer Uebelstand, welcher diesen Städtereinigungssystemen, gleichviel um welche Methode es sich dabei handelt, zur Zeit noch anklebt; es ist der, dass dieselben — wenigstens in unseren deutschen Städten — niemals vollständig durchgeführt sind, sondern sich immer nur über einen Bruchtheil der Häuser und Strassen erstrecken. Der Anschluss seitens der einzelnen Hausbesitzer an ein bestehendes System ist eben in der Regel ein freiwilliger und ausserdem auch in Folge der nothwendig damit verbundenen baulichen Anlagen immer mit gewissen Kosten verknüpft; in Sachen der öffentlichen Gesundheitspflege waltet aber bekanntlich in den mittleren und unteren Bevölkerungsschichten noch eine solche Indolenz, dass pecuniäre Opfer oder persönliche Leistungen für irgend welche gemeinnützige, sanitäre Anlage keineswegs durchweg zu erwarten sind. Eine jede Massregel aber ist halb und ihr Zweck mithin ein unvollständiger, so lange sie nur zu einem Theile durchgeführt werden kann; auch in der Städtereinigung wird die Reinhaltung des Bodens so lange eine unvollkommene bleiben, als noch ein Bruchtheil der Bevölkerung nach dem alten Senkgrubensystem verfährt. Eine vollständige Durchführung des Reinigungsplanes einer

Stadt ist meines Erachtens erst dann zu erwarten, wenn der Anschluss der Häuser an ein bestehendes System für die gesammte Bevölkerung obligatorisch ist.

Von Einfluss auf die Ausbreitung der Fäulnissprocesse im Erdreich der Städte ist namentlich auch die geologische Beschaffenheit desselben. So erweist sich eine gewisse Durchlässigkeit und Porosität des Untergrundes der Städte für die Aufnahme fäulnissfähiger Stoffe ganz besonders günstig und das um so mehr, je mächtiger dieser Untergrund ist und je tiefer derselbe nach unten dringt. Ein lockerer Alluvialboden, ein Sand- und Kieslager, welches erst in verhältnissmässig grösserer Tiefe durch eine undurchlässige Lehm- oder Granitschicht begrenzt wird, kann daher weit mehr von solchen Auswurfstoffen in sich aufnehmen, als eine nur flache Sand- oder Ackerkrume, welche sich schon in geringer Tiefe über ein undurchlässiges Lager von Lehm, Sandstein, Schiefer und Granit hinweg zieht. Die meisten, im Flachlande oder in weiten Fluss- und Gebirgsthälern angelegten Landstädte sind durch eine Bodenbeschaffenheit ersterer Art ausgezeichnet und daher auch immer vorzugsweise der Sitz schwerer Typhus- und Choleraepidemieen gewesen; höher gelegene Orte im Gebirge dagegen und überhaupt alle auf felsigem Untergrund erbauten Städte erfreuen sich bezüglich des Auftretens von Seuchen erfahrungsgemäss einer grossen Salubrität, ja sind sogar nicht selten durch eine vollständige Immunität gegen dieselben gekennzeichnet.

Neben der Durchlässigkeit und ausgiebigen Resorptionsfähigkeit des Bodens, welche namentlich für die Anhäufung von fäulnissfähigen Stoffen im städtischen Grunde bestimmend sind, spielen natürlich noch mannigfache andere Momente beim Zustandekommen von Zersetzungsprocessen im Erdreich eine Rolle. Dahin gehören vor Allem der Feuchtigkeitsgehalt des Bodens und die Menge der atmosphärischen Niederschläge auf denselben, im Zusammenhang damit der Grundwasserstand und die Schwankungen desselben, insofern beim Steigen des Wassers die oberen verunreinigten Erdschichten benetzt werden und beim Sinken desselben wieder austrocknen; ferner die Temperatur des Bodens und der Aussenluft, die Jahreszeit und das Klima; endlich die topographische Lage des Ortes oder einzelner Punkte in demselben. Eine hohe und freie Lage ermöglicht eine natürliche Ven-

tilation des Ortes, welche erfahrungsgemäss dem Zustandekommen von Zersetzungen und der Anhäufung giftiger Emanationen derselben entgegenwirkt; eine tiefe und umschlossene Lage dagegen begünstigt erfahrungsgemäss die Stagnation der Luft und damit die Fäulniss in hohem Maasse.

Die Zersetzungen der organischen Stoffe im Erdreich können nun auf verschiedene Weise der Gesundheit der Ansiedler gefährlich werden, nämlich erstens durch Luftvergiftung und zweitens durch Trinkwasservergiftung. Im ersteren Falle dadurch, dass entweder gewisse schädliche gasförmige Ausdünstungen des Bodens oder kleinste staubförmige Partikelchen desselben beim Vertrocknen der oberflächlichen Schichten als Staub in die Wohnräume dringen und hier von den Menschen eingeathmet werden; im anderen Falle dringen die löslichen Producte dieser Zersetzung mit dem Grundwasser in die von diesem Wasser gespeisten Brunnen und werden dann als Trinkwasser genossen. Ich kann indess auf alle diese Punkte im Einzelnen nicht näher eingehen.

Für die letztere Art der Einwirkung ist noch in Betracht zu ziehen, dass, ausser den in den verunreinigenden Stoffen selbst enthaltenen Flüssigkeiten (Abfallwasser, Jauche, Harn), welche natürlich direct durch den Boden nach unten hindurchsickern, auch noch Regengüsse an der Vermischung dieser Stoffe mit dem Grundwasser einen Antheil haben. Die verunreinigten Erdschichten des städtischen Untergrundes werden nämlich durch die in manchen Jahreszeiten sehr reichlichen Niederschläge von Zeit zu Zeit stark durchfeuchtet; die Wassermengen ziehen sich langsam durch die verschiedenen Schichten hindurch und laugen hierbei den Boden förmlich aus. Eine grosse Menge löslicher und suspendirter Producte wird natürlich auf diese Weise aus den faulenden Stoffen mit hinweggenommen und dem Grundwasser zugeführt. Dasselbe tritt auch ein, wenn das Grundwasser selbst in Folge anderweitiger Zuflüsse, wie so häufig im Frühjahr, so hoch gestiegen ist, dass dass es die am stärksten verunreinigten oberen Schichten des Erdreichs theilweise durchtränkt; auch hier nimmt es beim Zurücktreten Alles, was an organischen und anorganischen Stoffen löslich ist, mit hinweg und führt es den Brunnenkesseln zu. Dass thatsächlich Vermischungen bezw. Verunreinigungen dieser Art im Grundwasser zu Stande kommen, beweist der Umstand, dass in dem Brunnenwasser der Städte, neben den normalen anorganischen

Bestandtheilen (den Kalk- und Magnesiasalzen), fast regelmässig noch allerlei andere, abnorme Stoffe nachgewiesen werden können, wie Salpetersäure, salpetrige Säure, Ammoniak, Schwefelsäure, oxydirbare organische Verbindungen und Chlor, — Stoffe, welche insgesammt offenbar nur aus zersetzten organischen und vorwiegend animalischen Substanzen, die N, S, C und Cl enthalten, abstammen können. Nicht mit Unrecht hat man daher das Brunnenwasser als die Bodenlauge der Städte oder, wie ich vorschlagen möchte, als den Spiegel des Erdreichs bezeichnet, welches es durchfloss. Als Trinkwasser dürfte ein solches Wasser in den grösseren Städten wohl ein für alle Mal zu beanstanden sein.

Von Einfluss auf den Grad der Verunreinigung des Brunnenwassers ist namentlich noch die physikalische Beschaffenheit des Erdreichs und das Absorptionsvermögen desselben. Wir hatten bereits früher die nicht unerheblichen Aenderungen in der Zusammensetzung einer putriden Flüssigkeit kennen gelernt, welche durch sehr feinporige Körper, wie Thoncylinder, Kohle und dergl., hindurchfiltrirt wird. Auch das Erdreich wirkt wie ein solches Filter und hält von den durchsickernden Faulflüssigkeiten immer einen gewissen Antheil der gelösten und suspendirten Stoffe in seinen Poren zurück. Wenn man stinkende Abtrittsjauche durch eine dicke Schicht Erde oder Sand hindurch filtrirt, so erhält man als Filtrat ein fast klares, schwach gelblich gefärbtes Wasser, welches nur noch wenig riecht, aber doch, wie die Versuche von Falk [1]) zeigen, immer noch giftige Eigenschaften besitzt. Ohne Zweifel werden also gewisse Stoffe, wie die riechenden und färbenden Substanzen, ferner Harnstoff (Lissauer), bei der Filtration der Abfallwässer und Jauchen durch das Erdreich zurückgehalten, wodurch die Zusammensetzung, Concentration und Giftigkeit dieser Flüssigkeiten wesentlich alterirt werden kann [2]).

Die Grösse dieses absorbirenden bezw. desinficirenden Einflusses des Erdbodens scheint wesentlich abzuhängen von der Dicke der filtrirenden Schicht, von dem Grade der Imprägnation derselben mit organischen Stoffen und von der Dauer des Vorganges

[1]) Falk: Experimentelles zur Frage über Canalisation und Berieselung. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Medicin, Bd. XXVII, Heft 4, 1877.

[2]) Diese Eigenschaft der Absorption erhöht andererseits, wie leicht ersichtlich, die Nutritionsfähigkeit des Erdreichs für die pflanzliche Vegetation.

dieser Filtration. Es zeigt sich nämlich, dass die absorbirende Kraft des Erdreichs ihre Grenzen hat; wenn man durch ein und dasselbe Erd- oder Sandfilter öfter filtrirt, so tritt sehr bald ein Grad der Sättigung mit absorbirten Stoffen ein, über welchen hinaus die Faulflüssigkeit fast unverändert hindurch geht. Von anderen ähnlichen Filtern, z. B. Kohlenfiltern, ist ja diese Erfahrung gleichfalls hinlänglich bekannt. Dieser Zustand tritt natürlich um so leichter und früher ein, je stärker verunreinigt von vornherein das Erdreich mit faulenden Stoffen ist. In Städten und Häusern mit sehr ungünstigen Reinigungsanlagen und lockerem, porösem Untergrund sind daher sehr wohl Fälle denkbar, dass die Jauche der Abtrittsgruben und Düngerhaufen ungehindert und wenig verändert bis in die Brunnen hineinsickert. Vielfache praktische Erfahrungen bei Brunnenuntersuchungen bestätigen dies.

Wie sich die einzelnen Bodenarten in Bezug auf die Absorption von putriden Stoffen — ich verstehe unter Absorption nicht einfach das Phänomen der Aufsaugung (Capillarität), sondern die Fähigkeit der Bindung gewisser Stoffe — verhalten, ist noch nicht durchweg festgestellt worden. Nach den Versuchen von Lissauer [1]) über diesen Gegenstand, sowie nach meinen früheren, im Winter 1876/77 angestellten Versuchen über die desinficirende Kraft der Erde besitzt die humusreiche Gartenerde das grösste und je nach dem Humusgehalt bedeutende Absorptionsvermögen für putride Stoffe [2]); demnächst wahrscheinlich Sandboden, wenn er humöse Bestandtheile in grösserem oder geringerem Maasse in sich aufgenommen hat. Für die natürlichen Erdarten des städtischen Untergrundes bedürfte diese Frage noch einer genaueren Untersuchung.

Uebrigens noch in anderer, viel directerer Weise kommen Brunnenverunreinigungen bisweilen vor. Die Erfahrung hat vielfach gelehrt, dass die Jauche aus Gruben und Schlammfängen auch von oben her in die Brunnen hineinlaufen kann. Auf den meisten Höfen in grossen wie in kleinen Städten besteht ja leider die verwerfliche, aller Vernunft spottende Einrichtung, dass die Brun-

---

[1]) Lissauer: Hygienische Studien über Bodenabsorption. Deutsche Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege, Bd. VIII, S. 596.

[2]) Die Gartenerde ist daher ein sehr wirksames und unstreitig billiges Desinfections- bezw. Desodorationsmittel, welches ich namentlich für sehr stinkende Stoffe, z. B. Fäcalien, empfehlen möchte.

nen, zur Bequemlichkeit der Hausbewohner und Bediensteten, in möglichst grosser Nähe der Latrinen, Düngerstätten und Schlammfängen angelegt sind, ja oft dass Brunnen- und Dunggrube nur durch eine schmale Erdschicht und eine kaum 1 Fuss dicke Backsteinmauer von einander getrennt werden. Ist hier schon der Vermischung des Brunnenwassers mit der Jauche durch unterirdische Communication Thür und Thor geöffnet, so kommt es doch auch gar nicht selten vor, dass die Jauche oberwärts über den Rand der Grube hinaustritt und nun, sobald die Brunnenbedeckung oder Brunnenfassung defect geworden ist, direct in den Brunnenschacht hineinsickert. Wenn man sieht, wie primitiv und geradezu harmlos derartige Anlagen, zumal in kleineren Städten, vielfach noch sind, kann man sich über den Eintritt solcher Eventualitäten in der That nicht wundern. Oft bilden sich auch Risse und Spalten in den morschen Wandungen der Grube, welche dann der fauligen Flüssigkeit den Durchtritt gestatten; oder die Jauche bahnt sich kleine unterirdische Rinnsale im lockeren Erdreich, ähnlich wie das Wasser nach heftigen Regengüssen. Solche Wege und Spalten werden häufig übersehen oder sind nicht immer nachweisbar; doch lassen die gar nicht seltenen Fälle, in welchen faulende organische Materie, z. B. Grubeninhalt, Kloakenschlamm, in Substanz im Brunnenwasser nachweisbar war, kaum eine andere Erklärung zu[1]).

Wir sehen also, dass Wege genug vorhanden sind, auf welchen die faulenden, Decennien hindurch augehäuften Abfallstoffe der Städte den Bewohnern schädlich werden können; sowohl die

---

[1]) Ich selbst habe im Laufe des Jahres 1878, in welchem ich zahlreiche Wasseruntersuchungen nach einer von mir angegebenen Methode (Deutsche militärärztliche Zeitschrift, 1878, Heft 4, S. 143) ausführte, 3 derartig verunreinigte Berliner Wässer näher zu prüfen Gelegenheit gehabt. Im 1. Falle (Haus in der Kurfürstenstrasse) lag der Brunnenkessel in lockerer Gartenerde kaum 1½ Meter weit von der geräumigen Latrinengrube entfernt, deren dünne Wände anscheinend (?) intact waren; das Wasser enthielt nach Farbe, Geruch, Trübung und Reaction unzweifelhaft fäculente Bestandtheile. — … Falle (öffentlicher Strassenbrunnen, Ecke der Louisen- und Marienstrasse) …e es sich um ein Eindringen von Kloakeninhalt in das Wasser …em angrenzenden Rinnstein aus oder von unterirdischen, leck gewor- …ugskanälen, liess sich nicht feststellen; selbst die Pferde mochten …echende, schwärzlich getrübte Wasser nicht trinken. — Ganz ähnlich … Fall 3 (Hofbrunnen, Friedrichstrasse 140); hier befand sich der Abzugskanal für die Spülwässer des Hauses unmittelbar, in nur …ng, vor dem Brunnenrohr; dieser Abzugscanal war wahrschein- …er tiefer gelegenen Stelle defect geworden.

Athmungsluft, als auch das Trinkwasser können die Träger giftiger, von den Fäulnissherden ausgesendeter Stoffe werden.

Fragen wir uns nun: sind denn wirklich durch Einflüsse der genannten Art Krankheiten beim Menschen erzeugt worden?

Wenn wir von gewissen leichteren Störungen, insbesondere Magen- und Darmcatarrhen, die manchmal endemisch auftreten und möglicherweise mit putrider Infection der Luft und des Wassers im Zusammenhang stehen, sowie von den durch Einathmung concentrirter Senkgruben- und Kanalgase erzeugten Intoxicationen absehen, so ist hier in erster Linie der Typhus abdominalis — das „Faulfieber" der Alten — zu nennen. Für keine Infectionskrankheit ist der ätiologische Zusammenhang mit animalischen Zersetzungsprocessen länger bekannt und sicherer erwiesen, als für den Typhus.

Wenn man die ausserordentlich reichhaltige Literatur der Typhusätiologie durchmustert, überzeugt man sich bald, dass in der That für beide Arten der Entstehung, sowohl durch Luftvergiftung, als auch durch Trinkwasservergiftung, zahlreiche Beläge beigebracht worden sind. Allerdings kann man sich dabei nicht verhehlen, dass in vielen für die Typhusätiologie aufgeführten Fällen der Nachweis des causalen Zusammenhanges mit dieser oder jener Noxe durchaus nicht immer mit genügender Schärfe geführt ist, vielmehr oft nur auf Wahrscheinlichkeitsgründen oder subjectiven Meinungen beruht; aber, diese Fälle insgesammt ausser Acht gelassen, bleibt uns doch immer noch eine beträchtliche Zahl zuverlässiger und wohlconstatirter Beobachtungen übrig, welche die Erzeugung von Epidemieen durch inficirtes Trinkwasser und inficirte Luft ausser Zweifel setzen.

Ich lasse hier in aller Kürze einige Beispiele folgen, welche das Gesagte erhärten.

I. Typhus, erzeugt durch Trinkwasservergiftung.

1. Liebermeister: Typhusepidemie in der „Schorenfabrik" bei Basel, 1867 (v. Ziemssen's Handkuch, II, S. 65 und Deutsches Archiv f. klin. Medicin, 1870, Bd. VII, S. 155). In dem von etwa 150 Personen, vorwiegend Mädchen, bewohnten Häusercomplex erkrankten im Monat Mai 1867 innerhalb 22 Tagen 36 Personen an ausgebildetem Abdominaltyphus, daneben viele andere an febrilen und afebrilen Darmcatarrhen. Es wurde nachgewiesen, dass der Brunnen, welcher das Trinkwasser lie-

ferte, aus einem Kanal gespeist wurde, in welchen der Abtritt sich ergoss. Schon im Januar und Februar d. J. waren 2 Typhusfälle in der Fabrik vorgekommen. Nachdem der Genuss dieses Wassers untersagt worden war, hörten 18 Tage später die Erkrankungen auf; 3 nachträgliche Fälle liessen sich mit Wahrscheinlichkeit auf eine Uebertretung des Verbots zurückführen.

2. In einer Kasernenepidemie zu Zürich, 1865 (Derselbe, a. a. O.), welche nur auf die Rekruten der Infanterieschule beschränkt blieb, dagegen die Artillerie und andere Kasernenbewohner verschonte, ergab sich als Ursache ein auf dem (nur von der Infanterieschule benutzten) Fxercierplatze befindlicher Brunnen, aus welchem die Rekruten häufig zu trinken pflegten. In unmittelbarer Nähe desselben befand sich ein grosser Jauchebehälter, in welchem die aus der Stadt abgeführte Jauche abgelagert wurde; durch die chemische Untersuchung wurde die Verunreinigung des Wassers vom Jauchetrog her erwiesen. Später, als der Brunnen verschüttet und der Jauchebehälter entfernt war waren, kam Typhus in der Kaserne nicht mehr vor.

3. C. Gerhardt: Typhoidinfection durch Trinkwasser (Correspondenzbl. d. allg. ärztl. Vereins v. Thüringen, 1874. No. 2). Bei Uebernahme der medicinischen Klinik in Jena im Herbst 1872 fand G. viele Typhen vor, von denen ein erheblicher Bruchtheil im Hause entstanden war. In dem kurzen darauf folgenden Zeitraum von 4½ Monaten erkrankten wiederum, neben 14 von ausserhalb zugegangenen, 10 Personen durch Spitalinfection; es waren dies Patienten, die länger als 3 Wochen auf der Abtheilung lagen. Auch auf der Irrenabtheilung und unter den Bediensteten des Hauses kamen schon seit längerer Zeit häufige Erkrankungen an Typhus vor. Sämmtliche Hausinfectionen waren, wie G. hervorhebt, dadurch ausgezeichnet, dass bei ihnen sehr frühzeitig Diarrhöen auftraten. Man trank allgemein aus einem Pumpbrunen auf dem Hofe, an welchem wenige Schritte entfernt ein Abzugskanal mit fliessendem Wasser Excremente vorbeiführt. Die chemische Analyse des Brunnenwassers, das als wohlschmeckend galt, ergab starke Verunreinigung mit Zersetzungsproducten; es waren im Liter: Ammoniak 0,0245 Grm. (!), Salpetersäure 0,1115 Grm. (!), oxydirbare organische Bestandtheile entsprechend 0,0180 Grm. Oxalsäure. — Hiernach wurde der Brunnen am 11. Febr. 1873 geschlossen. Im Verlauf des Jahres kamen nur noch 3 Hausinfectionen auf der medicinischen Abtheilung, 2 auf der Irrenabtheilung, unter den Dienstboten gar keine Erkrankung mehr vor, während der Zugang aus der Stadt (20) unverändert blieb.

4. Skrzeczka: Eine Hausepidemie des Typhus abdominalis (Deutsche med. Wochenschr.. 1877, No. 36). In den Monaten Juli und August des Jahres 1877 erkrankten in 3 Häusern der Spandauerstrasse zu Berlin (No. 48, 49 und vis-à-vis No. 34 35) im Ganzen 86 Personen an Ileotyphus bezw. Gastrointestinalcatarrh, meist leichterer Art. Die 3 Häuser hatten das Gemeinsame, dass sie ihr Trinkwasser aus einem gemeinschaftlichen Brunnen auf dem Hofe des Hauses No. 49 bezogen. Die chemische Analyse dieses Wassers ergab deutliche Zeichen einer, wenn auch mässigen Verunreinigung mit organischen Stoffen. Andere gemeinsame Momente für



diese 3 Häuser waren nicht aufzufinden. Die Nachbarhäuser, die ihr Wasser aus besonderen Brunnen bezogen, blieben während dieser Zeit vollständig typhusfrei. —

Dass ein Trinkwasser übrigens vollkommen oder doch relativ gute Beschaffenheit zeigen und dennoch Typhusgift enthalten kann, lehrt unter anderen der folgende Fall:

5. Fronmüller: Eine locale Typhusepidemie in Fürth (Allg. Zeitschr. f. Epidemiologie. 1874, Bd. I, S. 401). Die Epidemie war fast ausschliesslich auf einen Stadttheil beschränkt, der sein Trinkwasser aus einem bestimmten öffentlichen Brunnen bezog. 1½ Meter von diesem Brunnen entfernt befand sich eine grosse Abtrittsgrube, deren Grund und Wandung einfach gemauert und sehr wohl durchlässig war. Als man den Brunnen polizeilicherseits schloss, hörten die Erkrankungen auf. Die darauf vorgenommene Analyse des Wassers ergab indess ziemlich günstige Resultate, sodass der Genuss des Wassers wieder freigegeben wurde; alsbald traten aber auch neue Erkrankungen an Typhus auf. Erst als die genannte Grube entleert, gereinigt und wasserdicht cementirt worden war, erlosch die Epidemie vollständig. —

Andere, zum Theil sehr überzeugende Beobachtungen über Entstehung bezw. Verbreitung des Typhus durch Trinkwasser sind von Murchison, Griesinger, v. Gietl, Zuckschwerdt, Bansen, Haegler, Baas, Küchenmeister, Weinmann, Biermer, Weisflog, Quincke, Stöhr, E. Müller u. A. mitgetheilt worden[1]), kurzum in so grosser Zahl vorhanden, dass an der Thatsache selbst wohl nicht mehr gezweifelt werden kann.

Es ist klar, dass, wenn Wasser der Träger von Typhusgift ist, auch andere Vehikel, die mit dem Wasser in Berührung kommen, die Infection des menschlichen Körpers vermitteln können. In dieser Beziehung verdienen namentlich die Nahrungsmittel des Menschen eine gewisse Beachtung. Typhusinfectionen dieser Art sind indessen meines Wissens bisher nur von der Milch beobachtet und mitgetheilt worden. Hier 2 Beispiele:

1. Edward Ballard: Ein neues Medium zur Verbreitung des Typhuscontagiums (Wien. med. Wochenschr., 1871, No. 38). In Islington entstand eine heftige, ganz circumscripte Typhusepidemie unter der Kundschaft eines Milchmannes, die bestimmte Beziehungen zu der genossenen Milch aufwies. Der erste Patient war der Milchmann selbst und 7 andere

[1]) Zusammenstellungen der einschlägigen Literatur (Typhus und Trinkwasser) findet man bei Griesinger, Infectionskrankheiten (2. Aufl.), S. 156; ferner bei Liebermeister, Acute Infectionskrankheiten (v. Ziemssen's Handb., II), S. 66, sowie in der Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege und namentlich sehr vollständig in den Jahresberichten von Virchow-Hirsch (zusammengestellt von A. Hirsch).



Personen, die in seinem Hause wohnten; demnächst erkrankten Personen, die in seinem Hause beschäftigt waren und zahlreiche Familien seiner Kundschaft. Von den 142 Familien, die er mit Milch versorgte, kamen in 70 (= 50 pCt.) Typhusfälle vor; am häufigsten erkrankten diejenigen Personen, welche am meisten von der verdächtigen Milch getrunken hatten, nämlich Frauen und Kinder (81 pCt.). Ausserhalb der Kundschaft kamen Todesfälle an Typhus während der ganzen Epidemie nicht vor. Als der Milchmann starb und die Wirthschaft aufgelöst wurde, erlosch die Epidemie. — Die localen Verhältnisse des Hauses, namentlich die Art der Beseitigung der Abfallstoffe, machten eine Verunreinigung des Trinkwassers wahrscheinlich; dieses war zum Spülen der Milchgefässe, möglicherweise auch zur Verdünnung der Milch verwendet worden.

2. Lühe: Eine Typhusepidemie, durch inficirte Milch verbreitet (Allg. Zeitschr. f. Epidemiologie, 1875, S. 298). In Plön erkrankten (August 1874) plötzlich 24 Personen nach einander an leichtem Ileotyphus; die Fälle waren über das ganze Städtchen vertheilt, sodass die verschiedenen Grundwasser- und Trinkwasserverhältnisse zur Erklärung nicht herangezogen werden konnten. Die genauere Nachforschung ergab, dass 21 Personen nach landesüblicher Sitte rohe Milch getrunken hatten, die von einem und demselben Meierhofe stammte. Auf diesen Meierhof kommen allein 4 der gesammten Erkrankungsfälle. Auf dem Hofe der Meierei befand sich ein einem Düngerhaufen benachbarter Brunnen, dessen Wasser, wie die chemische und microscopische Untersuchung ergab, stark mit organischer Materie verunreinigt war. Dieses Wasser wurde zum Reinigen der Milchgefässe benutzt. Andere Quellen der Infection waren nicht aufzufinden. —

Hieran schliesst sich nun eine Reihe von Beobachtungen, in welchen ausschliesslich die Exhalationen faulender und excrementitieller Massen im Bereich der menschlichen Wohnungen die Quelle von Typhuserkrankungen waren. Ich lasse hierbei zunächst diejenigen Fälle unberücksichtigt, in welchen eine Infection durch Trinkwasser oder Nahrungsmittel ausgeschlossen werden konnte, mithin eine Infection durch die eingeathmete Luft wohl wahrscheinlich war; ich führe zunächst nur solche Beobachtungen an, in denen der krankmachende Einfluss der verunreinigten atmosphärischen Luft evident ist.

II. Typhus, erzeugt durch inficirte Luft.

1. Murchison theilt in seinem Buche: A treatise on the continued fevers of Great-Britain (London, 1862, p. 443, — auch deutsch herausgegeben: „Die typhoiden Krankheiten" von W. Zülzer, Braunschweig, 1867, S. 437 u. ff.) nicht weniger als 13 Fälle der genannten Art mit, von denen einige hier Platz finden mögen.

a) Epidemie in der Knabenschule der Colchester-Union,

Etwa 36 Knaben sassen an zwei links von der Thür hinter einander aufgestellten Tischen; auf den zu dem Zimmer führenden Gang mündet ein unverschlossener Abzugscanal. Es erkrankten in kurzer Zeit 28 von den Schülern an Ileotyphus, und zwar genau in derselben Reihenfolge und mit derselben Heftigkeit, als sie der Einathmung der giftigen Kanaldünste ausgesetzt waren. Der der Thür zunächt sitzende Knabe wurde zuerst und am heftigsten von der Krankheit ergriffen, demnächst die anderen Knaben desselben Tisches; die am hinteren Tisch sitzenden Schüler erkrankten leichter. Zwischen beiden Tischen befand sich in der Wand ein Kamin, zu dem von der Thür her ein beständiger Luftzug wehte, von welchem also vorzugsweise die Schüler des ersten Tisches betroffen werden mussten. Jede anderweitige Infection war auszuschliessen. Als der Kanal geschlossen wurde, erlosch die Epidemie; weder vorher noch nachher waren unter den Bewohnern der Union Typhusfälle vorgekommen (a. a. O. p. 443).

b) Epidemie in der Westminsterschule und der Abtei Cloisters, 1848. Innerhalb 11 Tagen erkrankten 36 Personen und starben 3 an Ileotyphus. „Kurz vor dem Erscheinen waren 2 oder 3 ausserordentlich heisse Tage gewesen, und man klagte in den betreffenden Häusern über einen so schrecklichen Geruch, dass er den Bewohnern Uebelkeit verursachte. Man fand, dass die Krankheit ganz genau ihren Lauf längs einem schmutzigen und vernachlässigten Graben nahm, in welchem sich Jahre lang Fäcalmassen ohne irgend welchen Abzug angesammelt hatten, und der durch directe Oeffnungen mit den Kanälen der Häuser verbunden war, in welchen die Krankheit auftrat“ (a. a. O. p. 440).

c) Epidemie in der Fleet Lane in London, 1857 (Letheby). In dem Gässchen wurde während der Sommermonate eine alte Kloake ausgebessert, welche vom 29. Juni bis 30. October offen stand und in die Häuser einen durchdringenden Geruch verbreitete. Bald nach Oeffnung der Kloake erschienen unter den Bewohnern Diarrhöen und bald darauf der Typhus. Die Epidemie war ausschliesslich auf das Gässchen und seine nächste Nachbarschaft beschränkt; von den 140 Familien desselben blieb kaum eine verschont. Nach Schliessung der Kloake hörte die Seuche auf (a. a. O. p. 442).

2. In einem von v. Gietl beobachteten Falle (b. Liebermeister, II, S. 60) erkrankten bei der Ausräumung eines Düngerhaufens, auf welchen vor einigen Wochen die Dejectionen eines Typhuskranken geschüttet waren, von 5 Personen 4 an Ileotyphus und 1 an Gastrocatarrh mit Milzschwellung. Deren Excremente wurden gleichfalls in den Düngerhaufen tief vergraben; 9 Monate später, bei abermaliger vollständiger Abräumung desselben, erkrankten wieder von den 2 damit beschäftigten Personen 1 an tödtlich endendem Typhus.

3. Ich selbst hatte vor Kurzem Gelegenheit, während eines vierwöchentlichen Aufenthaltes in Ilmenau in Thüringen (September 1878), eine bezüglich der Aetiologie sehr prägnante Epidemie im benachbarten Dorfe Elgersburg (Kaltwasser-Heilanstalt) zu beobachten, die wegen der Heftigkeit ihres Auftretens Schrecken in der von Sommergästen reich besuchten Gegend verbreitete. Innerhalb etwa 6 Wochen erkrankten — nach den mir

gemachten Mittheilungen der Herren Sanitätsrath Dr. Sorge und Badedirector Dr. Marc — im Ganzen 123 Personen an Ileotyphus, von denen 20 starben. Die Ursache war augenscheinlich ein sumpfiger Teich, welcher am Fusse des abschüssig gelegenen Dorfes sich befand und seit Alters her die Abwässer der Häuser, sowie die Abflüsse einer ganzen Anzahl von Senkgruben und Düngerhaufen in sich aufnahm. Dieser flache, in seinem Grunde stark verschlammte Teich sollte Ende August, behufs Anlegung von Bahnhofsgebäuden für die im Bau begriffene Bahnstrecke Arnstadt-Ilmenau, zugeschüttet werden. Beim Aufschütten der Kiesmassen indess erwies sich der Grund so nachgiebig, dass der am Tage mitten durch den Teich aufgeworfene Damm über Nacht wieder versank und nun die schlammigen, grauschwarzen Massen des Grundes fusshoch über das Niveau des Wassers empordrängte. Dieser Vorgang wiederholte sich innerhalb 14 Tagen fast täglich. Als ich Anfangs September, gerade in der Blüthezeit der Epidemie, Elgersburg besuchte, fand ich den ganzen Teich zur Hälfte mit einem frischen, unebenen Kiesaufwurf, zur anderen Hälfte mit einem wahren Gebirge von vertrocknetem und zerklüftetem Kloakenschlamm bedeckt, der sich an einzelnen Stellen bis zu 1 Meter Höhe erhob und die Luft durch seinen üblen Geruch deutlich verpestete. — Kurze Zeit nach Beginn der Zuschüttungsarbeiten brach die Epidemie aus; zuerst erkrankten diejenigen Bahnarbeiter, welche beim Eindämmen des Teiches beschäftigt gewesen waren, nächstdem Einwohner des Dorfes in den unmittelbar angrenzenden Häusern und Strassen. Ganz vorzugsweise wurde diejenige Strasse des Dorfes ergriffen, welche sich unmittelbar am Rande des Teiches entlang zieht; hier fand ich Typhuskranke Haus bei Haus und in den schwersten Formen. In den etwas höher gelegenen Dorftheilen kamen Typhusfälle nur ganz sporadisch, in den oberen gar nicht vor; auch von den Badegästen, die grösstentheils im oberen Theile des Dorfes wohnten, erkrankte Niemand. Anfangs October erlosch die Epidemie; die Schlammberge waren inzwischen zu steinharten Erdkrusten vertrocknet. — Eine genauere Beschreibung der Epidemie und der ätiologischen Momente werde ich, mit gütiger Unterstützung der Herren Dr. Sorge und Dr. Marc, später geben. —

Durch alle derartige Beobachtungen ist hinlänglich sicher festgestellt, dass die gas- oder staubförmigen Exhalationen von Senkgruben, Kloaken und ähnlichen Fäulnissherden, welche Typhusgift enthalten, Typhus erzeugen können.

In dieselbe Kategorie von Fällen gehören aller Wahrscheinlichkeit nach auch diejenigen, nicht so seltenen Infectionen, welche durch die Berührung mit Typhuskranken oder mit der (durch die Dejectionen verunreinigten) Leib- und Bettwäsche solcher Kranken, also hauptsächlich bei den Angehörigen einer Familie und beim Wärterpersonal eines Krankenhauses, entstehen — Fälle, die von manchen Autoren im Sinne der Contagiosi-

tätslehre gedeutet werden. Es spricht für die erstere Annahme die relative Häufigkeit der Erkrankung bei Wäscherinnen, welche die Wäsche von Typhuskranken waschen, aber mit den Kranken selbst in gar keine Berührung gekommen sind.

Ueber die Wege der Ansteckung herrscht übrigens unter den Specialforschern der Neuzeit keineswegs Uebereinstimmung. Die Differenz betrifft namentlich die ätiologische Bedeutung des Trinkwassers für die Typhusgenese. Es giebt Forscher, welche jede Beziehung des Abdominaltyphus zum Trinkwasser leugnen oder doch nur ausnahmsweise zulassen, und wieder andere, welche in dem Trinkwasser eine der häufigsten Quellen der Typhusinfection erblicken.

Der namhafte Vertreter der ersteren Richtung ist M. v. Pettenkofer. Seine Urtheile über die „Trinkwassertheorie" stützen sich vorzugsweise auf die persönlichen Erfahrungen über die Typhusätiologie in der Stadt München, welche durch jahrelange Beobachtungen von irgend welchen krankmachenden Einflüssen des Trinkwassers vollständig unabhängig gefunden wurde. Weiterhin unterzog er in einer längeren Arbeit [1]) auch andere einschlägige Beobachtungen, insbesondere diejenige von Hägler [2]) über die Epidemie in Lausen, von Zuckschwerdt [3]) über die Waisenhausepidemie in Halle a. S. und einige andere, einer Kritik und kam dabei zu negirenden Ergebnissen. Aehnlich Ad. Vogt [4]) in Bern bezüglich der Lausener Epidemie.

Wenn auch eine gewisse Skepsis für viele derartige Mittheilungen, in denen der Zusammenhang zwischen Typhus und Trinkwasser nicht zur Evidenz erwiesen ist, berechtigt erscheint, so ist es doch, glaube ich, unberechtigt, überhaupt jede Beziehung des Abdominaltyphus zum Trinkwasser zu leugnen. Aus einzelnen negativen Erfahrungen kann man doch noch nicht verallgemeinernde Schlüsse auf alle Typhusepidemieen ziehen; es ist sehr wohl möglich, dass an manchen Orten, z. B. in München, der Typhus nie-

---

[1]) M. v. Pettenkofer: Ist das Trinkwasser die Quelle von Typhusepidemieen? Zeitschr. f. Biologie, 1874, Bd. X, S. 439—526.

[2]) Hägler: Die Typhusepidemie in Lausen (Canton Baselland). Deutsch. Archiv f. klin. Medicin, 1873, Bd. XI, S. 237.

[3]) Zuckschwerdt: Die Typhusepidemie im Waisenhaus zu Halle an der Saale im Jahre 1871. Halle 1872.

[4]) A. Vogt: Zur Aetiologie des Ileotyphus. Correspondenzbl. f. schweiz. Aerzte, 1874, No. 1 u. ff.

mals durch Vermittelung des Trinkwassers erzeugt wird, während an anderen Orten die Entstehung desselben durch den Genuss inficirten Trinkwassers vielleicht die Regel bildet. In der That, wenn man unbefangen die Literatur dieses Gegenstandes durchmustert und die einzelnen Fälle, insbesondere eng begrenzte Localepidemieen, wie die oben aufgeführten, auf ihre Beweisfähigkeit prüft, kann man sich der Ueberzeugung kaum verschliessen, dass die Möglichkeit der Entstehung von Typhusepidemieen durch inficirtes Trinkwasser thatsächlich erwiesen ist. Diese Möglichkeit wird auch von der Mehrzahl der Autoren (Murchison, Griesinger, v. Gietl, Gerhardt, Liebermeister[1]) und Biermer[2])), grösstentheils auf Grund selbst gemachter Beobachtungen, anerkannt und vertheidigt. —

Beachtenswerther scheinen mir die positiven Resultate der Untersuchungen v. Pettenkofer's über den Zusammenhang der Typhusfrequenz in München mit den Bewegungen des Grundwassers.

Zuerst hatte L. Buhl[3]) im Jahre 1865 durch Vergleichung der Typhussterblichkeit im Münchener Krankenhause mit den Bewegungen des Grundwasserstandes auf die bemerkenswerthe Thatsache aufmerksam gemacht, dass die Typhusfreqnenz im Laufe des Jahres regelmässig zunimmt, wenn das Grundwasser fällt, und umgekehrt wieder abnimmt, wenn das Grundwasser steigt. Diese Beobachtung ist dann einige Jahre später von v. Pettenkofer[4]) durch eine umfassende, über 12 Jahre reichende Statistik der Typhusmortalität in der Stadt München in ihrem ganzen Umfange bestätigt und zur gesicherten Thatsache erhoben worden. Es hat sich seitdem als eine gesetzmässige Erscheinung für München herausgestellt, dass die Grundwasserbewegung im Erdboden der Stadt zu der Frequenz der Typhuskrankeit in einem reciproken Verhältniss steht; im Frühjahr coincidirt der höchste Stand des Grundwassers mit der niedrigsten

---

[1]) Liebermeister, Abdominaltyphus. A. a. O. S. 61 u. ff.

[2]) A. Biermer: Ueber Entstehung und Verbreitung des Abdominaltyphus. Sammlung klin. Vorträge, No. 53, S. 2.

[3]) L. Buhl: Ein Beitrag zur Aetiologie des Typhus. Zeitschr. f. Biologie, 1865, Bd. I, S. 1.

[4]) M. v. Pettenkofer: Ueber die Schwankungen der Typhussterblichkeit in München von 1850—1867. Zeitschr. f. Biologie, 1868.

Sterblichkeitsziffer; während der Sommermonate sinkt in Folge der erhöhten Aussentemperatur das Grundwasser und steigt in gleichem Maasse die Typhusmortalität, um im Herbst in der Regel ihre höchste Ziffer, zugleich mit dem tiefsten Stande des Grundwassers, zu erreichen. Diese vom Jahre 1850 an datirenden Beobachtungen sind bis in die neueste Zeit hinein fortgesetzt und continuirlich bestätigt worden. Noch im Jahre 1872 einigte sich der ärztliche Verein zu München, nach einer längeren Reihe von Vorträgen über die Aetiologie des Typhus, welche anlässlich der schweren Winterepidemie 1871/72 von hervorragenden Männern gehalten wurden, über folgenden Satz: „Die Grundwasserbewegung in München ist bisher die einzige constatirbare Thatsache, welche mit der jeweiligen Frequenz des Typhus seit einer Reihe von 16 Jahren ununterbrochen in dem Sinne coincidirt, wie es in den Untersuchungen von Buhl und Seidel näher dargelegt ist. Von keinem anderen ätiologischen Momente ist bisher eine ähnliche Coincidenz nachweisbar gewesen.“ [1])

Den Einfluss der Grundwasserbewegung auf die Typhusmorbilität erklärt v. Pettenkofer dahin, dass der damit nothwendig verbundene Wechsel in der Bodenfeuchtigkeit das Zustandekommen von Zersetzungsprocessen im Erdreich, bezw. die Verdunstung infectiöser Stoffe begünstige oder hemme, je nachdem der Boden mit Wasser übersättigt oder nur durchfeuchtet sei. Ohne Zweifel haben auch, wie Liebermeister hervorhebt, die Jahreszeit und die Lufttemperatur auf diese Zersetzungsprocesse einen Einfluss. Nach einer durch Curven veranschaulichten Uebersicht über die Jahresschwankungen der Typhusfrequenz in Berlin, London und Basel für einen Zeitraum von 14—24 Jahren fällt das Minimum der Erkrankungen übereinstimmend in die Monate Februar bis April und das Maximum, nach einer gleichmässigen Steigung im Sommer, auf die Monate August bis November; im Winter fällt die Curve wieder continuirlich bis zum Frühjahr ab. „Es wird demnach augenscheinlich die Entwickelung und Verbreitung des Abdominaltyphusgiftes gefördert durch die hohe Sommer-

[1]) Ueber die Aetiologie des Typhus. 6 Vorträge, gehalten in den Sitzungen des ärztlichen Vereins zu München (März bis Juni 1872) von Buhl, Friedrich, v. Gietl, v. Pettenkofer, Ranke, Wolfsteiner. München, 1872 (Jos. Anton Finsterlin). 157 Seiten.

temperatur und gehemmt durch die niedrige Wintertemperatur.“ [1]) Aehnlich ist auch das Verhalten des endemischen Typhus in den einzelnen Jahren. Man hat gefunden, dass der Ileotyphus ungewöhnlich stark nach solchen Sommern auftritt, welche durch ihre Trockenheit und Hitze ausgezeichnet waren, auffallend gering aber in Sommern und Herbsten, die kalt und feucht sind (Murchison) [2]). Für Basel hat B. Socin [3]) und für Berlin Virchow [4]) diese Erfahrung bestätigt.

Grundwassermessungen sind übrigens seit den Erfahrungen in München noch an anderen Orten, an welchen Typhus endemisch herrscht, ausgeführt worden, haben jedoch nicht immer denselben Zusammenhang mit der Typhusfrequenz ergeben. In Basel namentlich sind Rütimeyer [5]) und B. Socin an der Hand einer ausgedehnten, über eine Reihe von Jahren sich erstreckenden Statistik zu einem abweichenden Resultat gelangt, während Virchow [6]) für Berlin das reciproke Verhältniss bestätigt fand. Wenn auch weitere Erfahrungen noch abzuwarten sein werden, so kann man doch vor der Hand aus den bisherigen Ergebnissen wohl schliessen, dass die Grundwasserbewegung jedenfalls nicht das einzige bedingende Moment für die Genese des endemischen, stationären Typhus ist, sondern dass es an anderen Orten noch andere örtliche Einflüsse geben muss, welche die Frequenz der Erkrankungen beherrschen. Wir haben ja in dieser Beziehung bereits gesehen, wie starke oberirdische Verunreinigungen des städtischen Areals, die Etablirung perennirender Fäulnissherde inmitten der Wohnhäuser und Strassen und andere Momente, ganz unabhängig vom Grundwasserstande, die Entwickelung des Typhusgiftes beeinflussen können.

Nach allem bisher Erörterten ist also der Zusammenhang des Typhus mit Fäulnissprocessen evident und auch zu allen Zeiten von den Beobachtern anerkannt worden; die übrigen für die Typhus-

---

[1]) Liebermeister, a. a. O. S. 71.

[2]) a. a. O. S. 413 (der deutschen Ausgabe).

[3]) B. Socin: Typhus, Regenmenge und Grundwasser in Basel. Inaug.-Dissert. Basel, 1871.

[4]) R. Virchow: Ueber die Sterblichkeitsverhältnisse Berlins. Berl. klin. Wochenschr., 1872, No. 50.

[5]) Rütimeyer: Bericht an das Sanitätscollegium von Basel-Stadt über die Brunnenmessungen in Basel 1865—1869. Basel, 1870.

[6]) R. Virchow: Reinigung und Entwässerung Berlins. Generalbericht etc. Berlin, 1873, S. 63.

ätiologie geltend gemachten Momente sind nur insofern für die Entstehung der Krankheit von Bedeutung, als sie entweder die Erzeugung dieser Processe begünstigen, oder die Uebertragung des Giftes auf den menschlichen Körper vermitteln.

Es entsteht nun die Frage: Ist das Typhusgift ein Product fauliger Zersetzung, oder ein specifisches, verschleppbares Contagium, welches der faulenden Stoffe nur zu seiner Weiterentwickelung bedarf?

Die älteren Aerzte huldigten vielfach der ersteren Auffassung und betrachteten den Typhus mithin als eine Art von septischem Krankheitsprocess. Dieser Auffassung entsprach die alte Bezeichnung „Febris putrida (lenta, nervosa)“ (Riverius, Willis, Tissot, Wintringham, Selle u. A.) oder „Entérite septicèmique“ (Piorry), welche Bezeichnung in neuerer Zeit Murchison mit geringer Abänderung als „Pythogenic fever“ (durch Fäulniss erzeugtes Fieber) wieder zu Ehren gebracht hat.

Auch Griesinger theilte die Ansicht von der directen Erzeugung des Typhusgiftes durch Fäulniss und führte zum Belege dafür, neben anderen Erfahrungen, das Beispiel der bekannten Andelfinger Epidemie (1839) an, in welcher bei Gelegenheit eines Festes über 500 Personen in Folge des Genusses verdorbenen (fauligen) Fleisches an typhösen Symptomen erkrankten. Auch der anatomische Befund der Gestorbenen (noch nicht 2 pCt.) soll der Annahme entsprochen haben. Liebermeister [1]) hat indessen neuerdings, meines Erachtens ganz überzeugend, nachgewiesen, dass die fragliche Erkrankung gar kein Abdominaltyphus gewesen ist, sondern, wie schon Lebert und R. Köhler vermutheten, wahrscheinlich eine Fleischvergiftung in grossem Umfange, bedingt durch den Genuss des Fleisches kranker Thiere [2]).

Wenn die Einathmung fauliger Emanationen oder die Verunreinigung des Trinkwasser mit faulen Stoffen an und für sich

[1]) Liebermeister: Ueber die Epidemie in Andelfingen (Canton Zürich) vom Jahre 1839. Deutsch. Archiv f. klin. Medicin, 1867, Bd. III, S. 223.

[2]) Eine ganz ähnliche Beobachtung ist neuerdings von Walder mitgetheilt worden: „Ueber die Typhusepidemie von Kloten“, Berl. klin. Wochenschr., 1878, No. 39 u. 40. Nach einem Sängerfest in Kloten erkrankten von 700 Theilnehmern nahezu 500 an „Typhus“ in Folge des Genusses des Fleisches „typhuskranker“ Thiere. Ob diese Krankheit wirklich Typhus gewesen ist, vermag ich nicht zu entscheiden; für die pythogene Theorie desselben lässt sich die Beobachtung jedenfalls nicht verwerthen, da ausdrücklich angegeben ist, dass das Fleisch bereits vor dem Schlachten krank war.



Typhus zu erzeugen im Stande wäre, dann muss man sich wundern, dass derartige Erkrankungen nicht häufiger vorkommen. Es wird, wie man sich überall in grossen und kleinen Städten überzeugen kann, unverhältnissmässig viel häufiger putride verunreinigte Luft eingeathmet und faulig verunreinigtes Wasser genossen, als wir darnach Typhus entstehen sehen. Diejenigen Berufsklassen, welche der Einwirkung faulender, animalischer Stoffe und ihrer Ausdünstungen in erhöhtem Maasse ausgesetzt sind, wie z. B. Gerber, Leimfabrikanten, Seifensieder, Abdecker, Latrinenreiniger und Kloakenfeger (vidangeurs), erkranken keineswegs häufiger an Ileotyphus, als andere Erwerbskategorieen. Die nicht so seltenen Fälle von acuter oder chronischer Kloakengasvergiftung (Mephitismus, Mephitis)[1]), welche durch die Einathmung concentrirter, H_2S- und H_3N-haltiger fauliger Gasgemenge bei Arbeitern der beiden letztgenannten Kategorieen entstehen und der reinen Schwefelwasserstoffvergiftung mehr oder weniger ähnlich sind (übrigens in ihren klinischen Erscheinungen unter sich sehr erheblich wechseln), können natürlich mit Ileotyphus nicht identificirt werden; allerdings fehlt es hier nicht an vereinzelten Fällen, in welchen die Erkrankung dem Ileotyphus täuschend ähnlich sah (Lichtheim)[2]). Nach einer Statistik von Bazalgette[3]) sind von 273 Beamten und Arbeitern der Londoner Kanalwerke während einer durchschnittlichen Dienstzeit von 6—29 Jahren nur 6 an „Fieber“ (1 †) und 8 an Wechselfieber erkrankt. Von den 5 Inspectoren hatte während der Dienstzeit von 29 Jahren keiner „Fieber“ gehabt, von den 111 Reinigern und Spülern innerhalb 10 Jahren nur 4 (1 †), von den 42 Schleusern und Klappenwärtern in 18 Jahren 1; von den 101 Arbeitern der Ringstationen von Abbey Mills und Coostwest 1 (8 Wechselfieber) und von den 14 Ventilatorenreinigern innerhalb 6 Jahren keiner. Auch diese Zahlen sind, wie man sieht, der „pythogenen“ resp. „mephitischen“ Aetiologie des Typhus keineswegs günstig.

Vielfach hat man diese streitige Frage auf experimentellem

---

[1]) Vergl. bezüglich dieser Vergiftungen: Hirt, Gewerbekrankheiten (v. Ziemssen's Handbuch d. speciellen Pathologie u. Therapie, 2. Aufl., Bd. I, S. 463—468).

[2]) Ibidem, S. 464.

[3]) The Lancet, 1872, I, S. 486. — Sander, Correspondenzbl. d. niederrh. Vereins f. öffentl. Gesundheitspflege, 1873, No. 18 u. 19.



Wege zu lösen gesucht, indem man Thiere theils die Ausdünstungen faulender Stoffe, namentlich von Fäcalien, einathmen liess, theils mit solchen Stoffen fütterte. Versuche dieser Art sind von Magendie [1]), v. Pommer, Spengler, Barker, und in den letzten Jahren wieder von Birch-Hirschfeld [2]) und R. Bahrdt [3]) an Kaninchen und Hunden angestellt worden. Den meisten Forschern gelang es allerdings, krankhafte Zustände, namentlich gastrische und enteritische Erscheinungen (Verlust des Appetits, Durchfall, Abmagerung) mit oder ohne Fieber zu erzeugen, die auch von Einigen als „Typhus“ angesprochen wurden (v. Pommer, Spengler), aber doch bei genauerer Prüfung sich mehr oder weniger wesentlich von diesem unterscheiden. Birch-Hirschfeld betont ausdrücklich, dass die Wirkung putrider, in den Magen eingeführter Massen ganz verschieden und viel weniger deletär ist, als diejenige der Typhusexcremente. Ueberhaupt erscheint es sehr fraglich, ob es möglich ist, Ileotyphus künstlich an kleineren Thieren zu erzeugen, da ja die Existenz dieser Krankheit bei den Hausthieren noch keineswegs feststeht und nicht Alles, was von den Thierärzten als „typhös“ bezeichnet wird, wirklich Ileotyphus ist [4]). Bahrdt's Versuche sind in dieser Beziehung, im Gegensatz zu Birch-Hirschfeld, ziemlich negativ ausgefallen.

Die pythogene Theorie des Abdominaltyphus, deren gewichtigster Vertreter Murchison ist, erweist sich also bei genauerer Prüfung nicht stichhaltig. Wenn wir Ortschaften, welche von Schmutz und Fäulnissherden förmlich starren, wie ja so viele kleine Landstädte, von Typhus fast immun finden, wenn der Genuss nachweislich faulig verunreinigten Wassers oder die Einathmung mephitisch inficirter Luft in mindestens 95 von 100 Fällen keinen

---

[1]) Journal de Physiologie normale et pathologique, 1823, Bd. III, p. 81. — Magendie brachte die putriden Massen auf den Boden eines Fasses und setzte die Thiere auf einen zweiten Drahtboden oberhalb des ersteren. Er sah in diesen Versuchen einen Hund nach 10 Tagen unter enteritischen Erscheinungen sterben; sonst waren die Ergebnisse ziemlich negativ (vergl. Cap. II).

[2]) Birch-Hirschfeld: Untersuchungen zur Pathologie des Typhus abdominalis. 46. Versamml. deutscher Naturforscher u. Aerzte zu Wiesbaden, 1873. Sect. f. pathol. Anatomie, Sitzung v. 20. Sept. (Auch im Archiv d. Heilkunde, 1873.)

[3]) Rob. Bahrdt: Experimentelle Untersuchungen über die Uebertragbarkeit des Typhus abdominalis auf Thiere. Archiv d. Heilkunde, Bd. VII, S. 156.

[4]) Küchenmeister berichtet allerdings „Ueber eine Typhusepidemie unter den Kaninchen“. Archiv f. physiol. Heilkunde, Bd. IX, S. 94.

Typhus erzeugt, so, meine ich, bleibt nichts anderes übrig, als anzunehmen:

> entweder dass es eine ganz specifische Art fauliger Zersetzung sein muss, welche die Bildung des Typhusgiftes zur Folge hat; oder dass es specifische, nicht überall vorhandene, aber verschleppbare Krankheitskeime giebt, welchen die faulenden Stoffe nur als Brutstätte dienen.

Beide Annahmen lassen sich auch zu einer Hypothese vereinigen, wenn man sich, im Sinne der Analogie mit Giftpflanzen, vorstellt,

> dass diese specifischen Krankheitskeime eben die Erreger specifischer Umsetzungen in faulenden Stoffen und damit die Erzeuger des Kranheitsgiftes sind.

Einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit gewinnt diese, zuerst von Budd[1]) aufgestellte und erfolgreich vertheidigte Specifitätslehre einmal durch den Umstand, dass in sehr vielen Fällen, in welchen Typhusepidemieen nach jahrelanger Immunität plötzlich an einem Orte ausbrechen, die Einschleppung des Giftes von Typhusorten aus nachweisbar war, und zweitens durch die vielfach bestätigte Erfahrung, dass, wenn einmal eine solche Einschleppung in früher immune, aber wohl disponirte Orte stattgefunden hat, der Typhus hier in der Regel auch nicht vollständig wieder erlischt.

Die Verschleppung des Typhuskeimes scheint am häufigsten durch die Dejectionen von Typhuskranken zu Stande zu kommen. In dem oben mitgetheilten v. Gietl'schen Falle kann offenbar an keine andere Art der Uebertragung des Giftes gedacht werden, als durch die Ausschüttung der Typhusexcremente auf den perniciösen Düngerhaufen, welcher noch nach 9 Monaten das Typhusgift wieder aushauchte. In vielen jener plötzlich auftretenden, zeitlich und örtlich begrenzten Epidemieen, welche auf Trinkwasservergiftung oder Luftinfection zurückgeführt wurden, ist die Communication bezw. die directe Verunreinigung der Infectionsquelle (Brunnen, Wasser-

[1]) W. Budd: On intestinal fever; its mode of propagation. Lancet, 1856, II, p. 618 u. 694. — Derselbe: Intestinal fever essentially contagious; its mode of propagation, relation to defective sewerage. Lancet, 1859, II, Juli u. October.

leitung, Senkgrube, Kloake) mit den Ausleerungen Typhuskranker nachweisbar gewesen. Ob auch durch die Wäsche, Kleidungsstücke und Effecten der Kranken das Typhusgift verschleppt werden kann, ist bisher nicht nachgewiesen worden.

Eine eigentliche Contagion, d. h. die Uebertragung des Giftes von Person zu Person, scheint beim Ileotyphus nicht häufig vorzukommen, jedenfalls nicht entfernt in dem Umfange, wie bei dem Flecktyphus, den Pocken und anderen exanthematischen Infectionskrankheiten. Die namentlich in Hospitälern ab und zu beobachteten Fälle von Erkrankung des Wartepersonals der Typhuskranken, der Krankenpfleger, Wärter und Lazarethgehülfen, sowie die relativ häufige Erkrankung von Wäscherinnen, welche die Leib- und Bettwäsche von Typhuskranken waschen, lassen sich allerdings kaum anders als im contagionistischen Sinne deuten; hier wird aber die Ansteckung aller Wahrscheinlichkeit nach ebenfalls durch die Dejectionen der Kranken vermittelt, welche in geringer Menge dem Hemde und Bettlaken fast stets anhaften und, wenn vertrocknet, mit den Fasern der Leinewand gelegentlich zerstäuben.

Die Giftigkeit der Typhusexcremente wird vielfach von den Aerzten noch bestritten; dass sie indessen specifische, von der Wirkung einfach diarrhöischer oder normaler Fäces wesentlich verschiedene, giftige Eigenschaften besitzen, ist durch die Experimente von v. Pommer, Spengler und Birch-Hirschfeld positiv erwiesen worden. Namentlich sollen die auf der Höhe der Krankheit entleerten und noch relativ frischen Fäces die giftigste Wirkung besitzen. Wenn trotzdem nicht häufiger eine Ansteckung und Weiterverbreitung der Krankheit durch dieselben erfolgt, ja wenn wir sogar unzählig oft Typhusexcremente in der sorglosesten Weise auf Düngerhaufen ausbreiten und in Senkgruben entleeren sehen, ohne dass hiernach unter den Bewohnern von neuem Typhus entsteht, so findet dies meines Erachtens ungezwungen seine Erklärung in dem Umstande, dass die in der Regel flüssigen Typhusdejectionen, ebenso wie andere einfach diarhöische Excremente, sehr schnell in Fäulniss übergehen. Der faulige, ammoniakalische Geruch, die Anwesenheit charakteristischer Fäulnissendproducte (z. B. der sargdeckelförmigen Tripelphosphatkrystalle, Schönlein) und die Gegenwart reichlicher Fäulnisspilze und Infusorien, welche die Typhusstühle bekanntlich oft schon unmittelbar nach ihrer Entleerung zeigen, beweisen, dass die

faulige Zersetzung der Fäces selbst schon innerhalb des Darmrohrs zu Stande kommen kann. Dasselbe ist ja auch von einfach diarrhöischen Stühlen beim chronischen Darmcatarrh, den sogenannten „faulen Durchfällen", allgemein bekannt. Von mehreren anderen specifischen Infectionsstoffen, z. B. dem Pockengift, dem Milzbrandcontagium und dem Gift der contagiösen Septicämie, wissen wir nun aber, dass sie bei der Fäulniss des Vehikels (Lymphe, Blut) zu Grunde gehen; in gleicher Weise dürfen wir auch wohl von dem Typhusgift annehmen, dass dasselbe durch die Fäulniss der Fäces zerstört wird.

Aus demselben Grunde glaube ich auch, dass nicht die reguläre, offene und stinkende Fäulniss, wie sie aller Orten in Häusern, auf Höfen und in Gräben angetroffen wird, der Entwickelung des Typhusgiftes günstig ist, sondern vielmehr die latente, langsame und schleichend verlaufende Zersetzung, welche bei Luftabschluss oder doch sehr beschränktem Luftzutritt im Innern stagnirender Sammelbehälter und Kloaken, oder im Innern stark verunreinigten Erdreichs zu Stande kommt. Die von einer offenen Kloake her, von einem Düngerhaufen oder aus einer offenen Senkgrube beständig in die Wohnungen aufsteigenden fauligen Dünste erzeugen wohl fast niemals Typhus, auch wenn Typhusexcremente vorher auf sie ausgeschüttet waren; ebensowenig hat auch, wie vielfach bestätigt worden, das Aufbewahren von Typhusdejectionen in Stechbecken und Nachtstühlen auf Wohn- und Krankenzimmern, oft 24 Stunden hindurch, eine neue Typhusepidemie unter den Bewohnern zur Folge. Dagegen sehen wir, wie zum Theil ja schon aus den oben angeführten Beispielen ersichtlich, nicht selten plötzliche und schwere Typhusepidemieen entstehen, wenn eine lange Zeit verschlossen gewesene, stagnirende und inficirte Kloake geöffnet und ausgebaggert wird (Murchison, s. o.), wenn eine alte Senkgrube ausgeräumt oder ein inficirter Düngerhaufen abgetragen wird (v. Gietl), wenn der faulig-moderige Schlamm einer Mistpfütze, welche früher auch Typhusdejectionen in sich aufgenommen hat, in grösserer Ausdehnung zu Tage gefördert und der Luft exponirt wird (Verf., s. Elgersburg), und endlich wenn der giftige Grubeninhalt in der Tiefe durch das Erdreich hindurch in die Pumpbrunnen und Wasserleitungen dringt. Alle diese Erfahrungen, die indessen für die Zukunft noch einer genaueren Prüfung bedürfen, machen die obige

Annahme wahrscheinlich, dass nur die schleichende, unvollkommene Zersetzung organischer Stoffe der Entwickelung des Typhusgiftes günstig ist, die reguläre Fäulniss dagegen das Gift zerstört.

Ob neben der nachweislichen Verschleppung des Typhusgiftes auch noch eine spontane Entstehung desselben vorkommt, wie Murchison annimmt, ist nicht bekannt. Aus dem Umstande, dass sich in sehr vielen Epidemieen eine Einschleppung nicht nachweisen lässt, kann jedenfalls auf die spontane Entstehung noch nicht geschlossen werden. —

Dem Typhus in mancher Beziehung ähnlich gestaltet sich das Verhältniss der **Cholera asiatica** zur Ausbreitung der Fäulnissprocesse im Bereich der menschlichen Wohnungen und im Erdreich der Städte. Dies erhellt am deutlichsten aus der Verbreitungsart der epidemischen Cholera.

Die ersten genaueren Beobachtungen über den Zusammenhang dieser Krankheit mit gewissen örtlichen Einflüssen der oben genannten Art sind von v. Pettenkofer gemacht worden; die Choleraepidemie, welche im Jahre 1854 München heimsuchte, gab ihm zuerst die erwünschte Gelegenheit dazu. Seine damals gemachten Angaben über den vorwiegend miasmatischen Charakter der Seuche, über ihre äusserst geringe Contagiosität und ihr hervorstechendes Gebundensein an distincte Localitäten — so sehr diese Angaben der herrschenden Anschauung von Aerzten und Laien widersprachen — sind doch seitdem so vielfältig bestätigt worden, dass sie gegenwärtig wohl ziemlich allgemein acceptirt sind und die Grundlage aller weiteren ätiologischen Forschung bilden. Nächst den eigenen Arbeiten v. Pettenkofer's sind es insbesondere die nach einheitlicher Methode gearbeiteten, durch Gründlichkeit, Vielseitigkeit und Objectivität der Untersuchung in gleichem Maasse ausgezeichneten „Berichte der Choleracommission für das Deutsche Reich“ vom Jahre 1874—1877 [1]), welche nach dieser Richtung hin schätzbares Material enthalten. Diese Berichte habe ich daher der nachfolgenden Darstellung vorzugsweise zu Grunde gelegt.

In der Verbreitungsart der Cholera ist zunächst auffallend,

---

[1]) Berichte der Choleracommission für das Deutsche Reich. Berlin, C. Heymann. Bis jetzt 5 Bände, mit Tabellen, Karten und Plänen; herausgegeben von A. Hirsch, M. v. Pettenkofer, R. Günther, R. Volz und A. Mehlhausen.



dass dieselbe nicht, wie andere Infectionskrankheiten, von Person zu Person, auch nicht von Haus zu Haus oder von Ort zu Ort sich weiter verbreitet, sondern einen eigenthümlich discontinuirlichen, sprungweisen Gang innehält. Es giebt Ortschaften, welche bei grossen epidemischen Wanderungen der Cholera trotz vielfacher Einschleppungen regelmässig von der Seuche verschont bleiben, während dieselbe in anderen, benachbarten Orten eine heftige, ja mörderische Ausbreitung gewinnt.

So hat z. B. Lyon seit dem Jahre 1830, d. i. dem ersten Auftreten der Cholera in Frankreich, in allen Epidemieen den zahlreichen Einschleppungen von Paris und Marseille her erfolgreich widerstanden. So oft die Seuche im Rhonethal erschien, kamen in der Stadt immer nur vereinzelte, meist ausserhalb acquirirte Erkrankungen vor; niemals erlangte sie in derselben epidemische Ausbreitung. Eine kleine Ausnahme machte nur das Jahr 1854, wo in zwei tiefliegenden, auf lockerem Alluvialboden erbauten Stadttheilen die Cholera ausbrach, während sie in den höher gelegenen Stadttheilen auf felsigem Granit trotz regstem Verkehr, ja trotz Ueberfüllung und Schmutz, nicht aufkam (v. Pettenkofer, Deutsche Zeitschr. f. Biologie, 1876, Bd. 12. Die Cholera in Syrien und die Choleraprophylaxe in Europa). — Ebenso hat das Dorf Leibitsch, 1 Meile von Thorn, in allen Epidemieen, welche seit dem Jahre 1831 in Thorn und der ganzen Umgegend geherrscht haben, trotz mehrfacher Einschleppungen eine auffallende Immunität bewahrt; in allen umliegenden Ortschaften gewann die Cholera regelmässig Boden. Irgend welche bemerkenswerthen Verschiedenheiten in Lage, Bodenbeschaffenheit, Sauberkeit waren nicht aufzufinden (A. Hirsch)[1]. — Aehnlich das Zuchthaus Lichtenau in Mittelfranken, welches durch Bauart, Alter und Ueberfüllung für Cholera geradezu disponirt erschien (M. v. Pettenkofer)[2].

Noch auffälliger ist der wählerische Gang der Cholera bei ihrer Ausbreitung innerhalb der ergriffenen Ortschaften. Hier sind es regelmässig bestimmte Stadttheile, in welchen die Krankheit dominirt, und in diesen auch wieder ganz besondere Strassen und einzelne Häuser, welche den bevorzugten Sitz der Seuche bilden. Diese Erfahrung ist fast ausnahmslos in allen Orten, sowohl in grösseren Städten, als auch in Dörfern und kleineren Häusercomplexen gemacht worden. Hierfür einige Beispiele:

---

[1]) A. Hirsch: Das Auftreten und der Verlauf der Cholera in den preussischen Provinzen Preussen und Posen während der Monate Mai bis September 1873. Reisebericht. Berlin, 1874. C. Heymann. S. 21.

[2]) M. v. Pettenkofer: Auftreten und Verlauf der Cholera in dem kgl. bayer. Strafarbeitshause Rebdorf, in dem k. b. Zuchthause Wasserburg und in dem k. b. Zuchthause Lichtenau; etc. Berichte, Heft IV. Berlin, 1877. S. 43.



Die Stadt Dresden hat während der Epidemie 1873 im Ganzen 135 Erkrankungen gehabt. Davon fallen, unter 8 betheiligten Stadttheilen, nicht weniger als 60,7 pCt. auf die Willsdruffer Vorstadt, 20 pCt. auf die Friedrichstadt; die übrigen Erkrankungen waren vereinzelt. Ganz ähnlich war das Verhältniss während der Epidemie 1855: die Willsdruffer Vorstadt hatte 55,3 pCt., die Friedrichstadt 20,8 pCt. Erkrankungen; alle übrigen Fälle vereinzelt. — Unter den Strassen der Willsdruffer Vorstadt war während der Epidemie 1873 wieder in hervorragender Weise betheiligt die Gerbergasse. In dem kurzen Zeitraum vom 31. Juli bis 9. August (in 10 Tagen) erkrankten hier nicht weniger als 51 Personen, d. h. 37,8 pCt. aller Erkrankten (mit 36 Todesfällen). Diese Erkrankungen fielen fast ausschliesslich auf die südliche Seite der Strasse; und selbst auf dieser einen Seite wurden die einzelnen Häuser sehr ungleich befallen. In No. 1—5 und No. 10—14 erkrankten im Ganzen nur 4 pCt. der Bewohner, in No. 6—9 dagegen 17,5 pCt. und starben 13 pCt. In dem Hause No. 6 allein, in welchem der erste Cholerafall vorkam, erkrankten in der einzigen Nacht vom 31. Juli bis 1. August nicht weniger als 16 Personen (R. Günther)[1].

In Graudenz wurde während der Epidemie 1873, nachdem die Cholera trotz einer Art von Quarantaine und Cordon durch Weichselflösser eingeschleppt worden war, vorzugsweise der südliche, von der Trinke- und Mühlenstrasse begrenzte Stadttheil von der Seuche ergriffen. Von 300 Erkrankungen (mit 176 Todesfällen), welche seit dem Ausbruch der Epidemie von Anfang Juli an bis Anfang September in der Stadt bekannt wurden, kamen mehr als die Hälfte, nämlich 173 Erkrankungen (mit 103 Todesfällen), auf diesen Stadttheil allein (A. Hirsch, a. a. O. S. 14). — Aehnlich in der Stadt Elbing (Reg.-Bez. Danzig). Hier hat die Krankheit gleichfalls eine bedeutende, aber nur auf wenige Strassen beschränkte Ausbreitung gefunden. Von den gesammten 180 Krankheitsfällen (129 †) kommen 108 (mit 76 †) auf 7 vorzugsweise heimgesuchte Strassen; darunter 25 Fälle (mit 16 †) auf die Wasserstrasse, 28 Fälle (mit 25 †) auf die Angerstrasse allein (Hirsch, a. a. O. S. 11).

Derartige Beispiele, auch die Beschränkung der Epidemie auf einzelne Häuser, die förmliche Seucheherde bilden, sind überaus zahlreich und werden im Nachfolgenden noch mehrfach erwähnt werden.

Am evidentesten tritt uns aber das Gebundensein der Cholera an ganz bestimmte, distincte Localitäten entgegen bei ihrem Verhalten in geschlossenen Anstalten, namentlich Kasernen, Gefängnissen, Arbeitshäusern und Krankenhäusern. Hier sehen wir nicht blos ganz bestimmte Abschnitte und Flügel des Gebäudes, sondern in diesen wieder einzelne Zimmer ganz vorzugs-

[1]) Rud. Günther: Die Choleraepidemie des Jahres 1873 im Königreich Sachsen. Mit 14 Tafeln im Text und einem Atlas von 19 Karten. Berichte der Choleracommission für das Deutsche Reich, Heft III. Berlin, 1876. S. 27 u. ff.



weise oder ausschliesslich von der Seuche ergriffen; ja in solchen inficirten Sälen und Zimmern giebt es sogar häufig wieder, wie zuerst v. Pettenkofer nachgewiesen hat, einzelne von der Seuche auffallend verschonte Plätze, welche sich wie „immune Inseln“ aus dem allgemeinen Seuchenherde herausheben. Auch für dieses Verhalten sind in den Choleraberichten höchst interessante Beläge enthalten.

Namentlich lehrreich ist in dieser Beziehung die Choleraepidemie in der Gefangenanstalt Laufen a. d. Salzach (1873). Diese mörderische Epidemie glich nach Zeit und Ausdehnung einer förmlichen Explosion, wie sie auch bei anderen Gelegenheiten, z. B. in der Gerbergasse in Dresden, beobachtet worden ist. In dem kurzen Zeitraum von 11 Tagen (Anfang December 1873) erkrankten von 522 Gefangenen 307 an Cholera bezw. Choleradiarrhoe und starben 83. — Bei näherer Untersuchung zeigte sich in ganz exquisiter Weise die Ostfront des Hauptgebäudes an der Erkrankungsziffer betheiligt. Hier kam der erste Cholerafall vor, und auf diese Front, sowie die unmittelbar angrenzenden Wohnräume, blieb die Epidemie fast ausschliesslich beschränkt. Ja, es waren ganz bestimmte Räumlichkeiten innerhalb dieser Front, namentlich der Schlafsaal No. 70 im 1. Stock und nächstdem der unmittelbar darüber gelegene Schlafsaal No. 97, welche den eigentlichen Herd der Seuche bildeten. Es litten von den Gefangenen diejenigen am zahlreichsten und schwersten, welche zufolge ihrer Beschäftigung auf einem gemeinsamen Arbeitssaale dieser Ostfront zubrachten und auch die Nacht grösstentheils auf Sälen dieser Front schliefen, nämlich die Schreiner. Von den 21 Schreinern erkrankten in kurzer Zeit 11 an der Cholera, welche sämmtlich starben (!), und 3 an Choleradiarrhoe. — Ganz merkwürdig war das Verhalten desjenigen Theils der Weber und Spinner, welcher auf einem und demselben Schlafsaal (No. 97) untergebracht war. Von den 13 Spinnern erkrankte keiner an der Cholera, nur je 1 an Cholerine bezw. Diarrhoe; die 10 Weber hingegen hatten 6 Cholerafälle, sämtlich mit tödtlichem Ausgang, und 1 Fall von Cholerine. Die übrigen Gefangenen waren in dem Maasse an der Seuche betheiligt, als ihre Beschäftigung und nächtliche Unterkunft einen längeren oder kürzeren Aufenthalt in den Räumen der Ostfront, bezw. eine grössere oder geringere Entfernung von derselben bedingte. Endlich die in Einzelhaft befindlichen, im Seitengebäude internirten Sträflinge blieben so lange von der Krankheit verschont, bis sie ihren zum Lazareth eingerichteten Zellenbau verliessen und auf die inzwischen leer gewordenen Räume der Ostfront verlegt wurden (M. v. Pettenkofer)[1].

Ein gleiches Verhalten zeigte die Cholera im Zuchthause für Weiber zu Wasserburg am Inn (M. v. Pettenkofer)[2]. Während der kurzen,

---

[1]) M. v. Pettenkofer: Die Choleraepidemie in der Königl. Bayerischen Gefangenanstalt Laufen a. d. Salzach. Berichte der Choleracommission f. d. Deutsche Reich, Heft II. Berlin, C. Heymann. 1875. gr. 4. 5 Tafeln.

[2]) M. v. Pettenkofer: Auftreten und Verlauf der Cholera in dem kgl.

fünftägigen Epidemie erkrankten nur solche Gefangene, welche sich während der ganzen oder halben Tageszeit in der östlichen Hälfte des Gebäudes aufhielten; die Abtheilung der Weissnäherinnen, welche Tag und Nacht auf der westlichen Hälfte zubrachte, blieb verschont.

Im Strafarbeitshause Rebdorf (December 1873) erlangte die Cholera gleichfalls nur in 5 auf einer und derselben Front gelegenen Schlafsälen epidemische Ausbreitung. Auf Schlafsaal No. 55 kamen sämmtliche Cholerafälle und Brechdurchfälle nur auf der einen Seite des Saales vor; und in dem langen, schmalen Schlafsaal No. 60 erkrankten wiederum auf der linken Hälfte von 15 Detenten fast sämmtliche (nämlich 14 mit 3 Todesfällen), auf der rechten Hälfte dagegen von 15 Detenten keiner (Lutz)[1]. — Eine ganz ähnliche Vertheilung der Erkrankungen zeigte sich während der Epidemie in der weiblichen Baracke des Krankenhauses links der Isar zu München, im August 1873 (v. Lindwurm und Bauer)[2].

Für diese letztere Art der Localisation innerhalb bestimmter Gebäudetheile und Zimmer hat sich noch keine genügende Erklärung finden lassen; einigermassen erinnert diese Eigenthümlichkeit der Cholera an das Verhalten des endemischen Erysipels, welches in manchen Krankenhäusern bekanntlich gleichfalls so ausschliesslich an bestimmte Säle und oft ganz bestimmte Abschnitte, z. B. Ecken derselben, gebunden ist, dass jeder Verwundete, welcher auf einen solchen „Rosensaal“ oder in eine solche „Rosenecke“ gelegt wird, regelmässig sein Erysipel bekommt.

Für die Beschränkung der Cholera auf bestimmte Städte, Ortstheile, Strassen und Häuser dagegen hat die Vergleichung dieser Localitäten sowohl unter einander, als auch mit anderen, nicht befallenen Oertlichkeiten bereits eine Reihe beachtenswerther Anhaltspunkte ergeben. Es coincidirt hier die Cholera in auffallender Weise mit allen jenen Momenten, welche der Verunreinigung der Wohnräume und des bewohnten Erdreichs mit faulenden organischen Stoffen und dem Zustandekommen von Zersetzungsprocessen in denselben günstig sind.

In denjenigen Städten, in welchen die Cholera epidemische

---

bayer. Strafarbeitshause Rebdorf, in dem k. b. Zuchthause Wasserburg und in dem k. b. Zuchthause Lichtenau; die Cholera-Hausepidemieen in den beiden Civilkrankenhäusern und das Verhalten des Militärkrankenhauses und der Kasernen von München während der Epidemie 1873/74. Ber. d. Choleracomm. f. d. D. Reich, Heft IV, 1877. gr. 4. 98 Seiten mit 16 Tafeln.

[1]) Ebenda, S. 3—36.

[2]) Ebenda, S. 49—66.



Ausbreitung erlangt, ist es immer ganz überwiegend das Proletariat, resp. die niedere Bevölkerungsschicht überhaupt, und der von diesem bewohnte Stadttheil, welcher von der Seuche ergriffen wird; diese Ortstheile zeichnen sich bekanntlich durch schlechte Bauart der Häuser, niedrige, schlecht ventilirte Wohnräume, Dichtigkeit der Bevölkerung, schmutzige Haushaltungen, sowie Unreinlichkeit und Anhäufung von Unrath aller Art auf den Hofräumen und Strassen oft in hohem Maasse aus. Die Epidemieen des Jahres 1873 und 1874 haben für den directen schädlichen Einfluss dieser Momente wieder einige recht schlagende Beispiele geliefert.

Die Cholera in „Sibirien" 1873 (A. Hirsch)[1]. „Sibirien" nennt man in Inowraclaw einen Stadttheil „mit engen, schmutzigen, zumeist ungepflasterten Strassen und kleinen, zum Theil in den Boden eingebauten, oft unter dem Strassenniveau gelegenen, äusserst unsauberen Häusern, Hütten und Höhlen, die von einer armseligen, schmutzigen, verlumpten Bevölkerung in einem kaum glaublichen Grade überfüllt sind, und deren Räume nicht blos zum täglichen und nächtlichen Aufenthalt mehrerer Familien dienen, sondern auch gleichzeitig deren Besitzstand an Schweinen beherbergen. Dieser Stadttheil ..... entbehrt aller Abzugskanäle; die festen und flüssigen Abfälle und Excremente werden auf die Strasse geschüttet, die ersteren auch wohl auf eine viele Quadratruthen grosse Wiese gebracht, die sich an der Längsseite dieses Strassengewirres auf einem etwas abfälligen Terrain hinzieht und, wie mich der Augenschein gelehrt hat, weithin mit Haufen menschlicher Excremente und Auswurfstoffe aller Art bedeckt ist." Dazu kommt der vollkommene Mangel an brauchbarem Trinkwasser, welcher vorzugsweise diesen ärmeren Theil der Bevölkerung trifft; die in der Stadt selbst angelegten Brunnen geben brackiges Wasser, welches vollkommen ungeniessbar ist. — Wie alle früheren schweren Epidemieen von Typhus, Recurrens, Blattern u. s. w. nahm auch die Cholera 1873 in diesem „Sibirien" ihren Anfang und gewann schnelle Ausbreitung. Von 81 Wohnungen wurden 54 von der Krankheit ergriffen, und von 388 Todesfällen kamen 159 (fast die Hälfte) allein auf diesen Stadttheil.

Auch in der so stark heimgesuchten Gerbergasse in Dresden (siehe oben) war zur Verunreinigung des Bodens mit faulenden organischen Stoffen reichlich Gelegenheit gegeben, theils durch die in die Erde gelassenen zahlreichen Abtritte und die Lohegruben der Gerbereien, theils durch den angrenzenden Mühlgraben, welcher auf seinem Laufe durch die Stadt Abgänge aller Art aufnimmt. Besonders in dem berüchtigten Hause No. 6 (s. oben) war die zur Strasse führende Heimschleuse ganz trocken und mit alten Schmutzmassen so vollgestopft, dass die Abfallwässer sämmtlicher Haushaltungen des von 105 Menschen bewohnten Hauses

[1]) Reisebericht etc. S. 15 u. 16.



und der darin befindlichen, sehr frequentirten Restauration im Untergrunde der Hofräume versickerten (R. Günther, a. a. O. S. 62). — In dem Dorfe Rosenthal bei Oschatz endlich erkrankten in einem isolirt stehenden Häuschen, dessen schlecht ventilirte, stockige Räume von Schmutz und allerlei Unrath förmlich starrten und eine widerliche Ausdünstung verbreiteten — aber auch nur in diesem — innerhalb 5 Tagen 5 Personen an der Cholera, von denen 4 starben (Ebenda, S. 41).

Auch in den Berichten der Militärärzte über die Choleraepidemie bei Truppentheilen des ehemaligen norddeutschen Heeres im Jahre 1873 wird ungünstigen, insalubren Wohnungsverhältnissen allgemein ein wesentlicher Einfluss auf die Ausbreitung der Seuche zugeschrieben. „Dicht bewohnte und verwohnte Gebäude, Unsauberkeit in denselben, an kleinen, schmutzigen Höfen gelegene Hintergebäude, enge, die Luftcirculation hemmende Strassen, schlecht angelegte Latrinen und Kloaken, kleine, stehende Gewässer oder durch faule, vegetabilische und animalische Substanzen stark verunreinigte Wasserläufe werden übereinstimmend als die Verbreitung der Krankheit begünstigende Momente bezeichnet." In Königsberg z. B. hatte die eine, ca. 100 Mann starke Escadron des Kürassier-Regiments, welche die alte, mit organischem Staub und Fäulnissgasen aller Art geschwängerte, von unsauberen Höfen umgebene Schlosskaserne bewohnte, 7 Cholerafälle gehabt, während bei den 4 übrigen Escadrons, die seit 1½ Jahren in einem neuen Casernement wohnten, überhaupt nur 1 Fall vorkam. — Von 54 Soldaten, welche in der Casematte „Cavalier Friedland", unterhalb welcher ein penetrant stinkender Abzugskanal verläuft, nur drei Nächte zugebracht hatten, erkrankten 9 an der Cholera (Mehlhausen[1]), S. 19 u. 27). — Ein ähnlicher nachtheiliger Einfluss wurde dem „faulen Graben" in Bartenstein, der Bohdanka in Posen, der Cunette in dem Festungsgraben zu Magdeburg, den Abzugscanälen in Neisse, welche ihren Inhalt in der Nähe der Kasernen 5 und 6 in den dortigen Fluss ergiessen, und anderen Fäulnissquellen zugeschrieben (Ebenda, S. 81).

Für die Garnison Magdeburg hat Gähde[2]) die Coincidenz der Cholerasterblichkeit mit der Zunahme der Verunreinigung des Grund und Bodens durch Brunnenwasseranalysen direct nachgewiesen; er bestimmte hierbei den Chlorgehalt des Grundwassers, welcher im Allgemeinen wohl als Ausdruck der Imbibition des Erdreichs mit den Auswurfstoffen des menschlichen Haushalts (Küchenabfällen, Excrementen) betrachtet werden kann. Die Cholera trat im Osten und Norden der Stadt (Grauwacketerritorium) am heftigsten auf, und gerade in diesen Stadttheilen ergab die chemische Analyse des Brunnenwassers den stärksten Chlorgehalt.

Nicht immer genügt jedoch das Vorhandensein von Fäulnissherden an einem Orte, um der Cholera eine günstige Stätte ihrer

[1]) A. Mehlhausen: Die Choleraepidemie des Jahres 1873 in der Armee des ehemaligen norddeutschen Bundes. Berichte etc., Heft V, Berlin, 1877.

[2]) Gähde: Die Cholera in Magdeburg. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege, Bd. VII, Heft 2. — Auch als Sonder-Abdruck erschienen; Braunschweig, 1872. 2 Tafeln.

Entwickelung zu bereiten. Wenn man die topographische Ausbreitung der Epidemieen in einem Lande verfolgt, wird man immer einzelne Landstriche und Ortschaften finden, welche die oben angeführten Uebelstände, als Wohnungsdichtigkeit, Unsauberkeit und Anhäufung von Excrementen, in demselben Maasse zeigen, wie andere Orte, und dennoch regelmässig von der Seuche verschont bleiben. Wir hatten ja einzelne „immune“ Orte dieser Art bereits kennen gelernt. Es muss also neben der Verunreinigung mit Faulstoffen offenbar noch andere Momente geben, welche die Entwickelung der Krankheit zur Seuche bedingen.

In dieser Beziehung hat v. Pettenkofer namentlich auf die Beschaffenheit des Untergrundes aufmerksam gemacht. Wir hatten schon früher gesehen, wie die geologische Beschaffenheit des Erdreichs der Städte für die Anhäufung faulender Massen im Untergrunde derselben von wesentlichem Einfluss ist. Ein felsiger Grund oder ein undurchlässiger Lehm- und Thonboden wird wenig organische Stoffe in sich aufnehmen; die Auswurfstoffe und Excremente verbleiben hier vielmehr grösstentheils an der Oberfläche und unterliegen, unter dem Einffuss der atmosphärischen Luft, einer relativ schnellen Zersetzung, welche sie unschädlich macht, oder werden auch, weil sie durch Geruch und Aussehen den Bewohnern lästig fallen, fortgeschafft. Ein lockerer, poröser Städtegrund dagegen saugt alle diese Stoffe mehr oder weniger begierig in sich hinein, und das um so mehr, je durchgängiger und je mächtiger diese resorbirende Bodenschicht ist; hier im Innern des Erdbodens verlaufen die Zersetzungen viel langsamer, latenter und wahrscheinlich auch nur periodisch, je nachdem die Temperatur, die Feuchtigkeit und die Jahreszeit dem Zustandekommen derselben günstig sind.

In Uebereinssimmung hiermit hat auch die Erfahrung bei Choleraepidemieen vielfach gelehrt, dass Ortschaften mit felsigem oder wenig durchlässigem Untergrund von der Seuche entweder vollständig verschont bleiben oder doch nur sehr milde ergriffen werden, dass die Cholera dagegen in Ortschaften mit lockerem, imbibitionsfähigem und daher mehr oder weniger stark verunreinigtem Erdboden, wenn eingeschleppt, fast regelmässig epidemische Ausbreitung gewinnt und hier in denjenigen Ortstheilen und

Strassen am heftigsten wüthet, in welchen diese Bedingungen am vollkommensten erfüllt sind.

Die Gebirgsdörfer des Libanon starrten gerade so von Schmutz, wie die syrischen, in der Ebene bezw. an der Küste gelegenen Städte Hama, Damascus und Beirut; aber während in diesen die Cholera (Sommer 1875) in einer für orientalische Zustände charakteristischen Weise wüthete, blieben jene, obwohl sie von Choleraflüchtlingen überfüllt waren, von der Seuche gänzlich verschont (v. Pettenkofer)[1]. — Auf dieselbe Weise erklärt sich die Immunität des oberen, auf felsigem Grunde erbauten Stadttheils von Lyon während der Epidemie des Jahres 1854 (s. oben).

Ein analoges Verhalten, wie Lyon, zeigte die Stadt Graudenz 1873. Die Stadt zerfällt in zwei Theile, einen kleineren und einen grösseren. Der kleinere Stadttheil (die Festung) liegt auf dem, 62—65 Mtr. über dem Spiegel der Weichsel sich erhebenden baltisch-uralischen Höhenzuge, hat vorwiegend diluvialen Untergrund (Kies, Gerölle, Lehm, Lette) und umfasst die Festungswerke mit den Kasematten, sowie 13 Häuser mit 148 Einwohnern; der bei weitem grössere Stadttheil mit 916 Häusern und 14.000 Einwohnern liegt am Abhange dieses Höhenzuges in einer Mulde, die durch das Trinkethal gebildet wird und vorwaltend lockere Alluvialformation hat. Seit dem Jahre 1831 ist Graudenz 7 Mal von der Cholera heimgesucht worden; jedesmal erlangte sie in der unteren Stadt epidemische Ausbreitung, während in der Festung nur 2 Mal (1866 und 1873) und jedesmal nur vereinzelte Cholerafälle vorkamen, obwohl alle in der Stadt und Umgegend erkrankten Soldaten dem auf der Festung gelegenen Choleralazareth zugeführt wurden (Mehlhausen, S. 28 u. 29).

Zahlreiche Beispiele für den Einfluss der Bodenbeschaffenheit enthält namentlich der Bericht R. Günther's (a. a. O.) über die Choleraepidemie in Sachsen 1873, in welchem die tellurischen Verhältnisse der einzelnen Ortschaften sehr eingehend berücksichtigt und durch Karten und Bodenprofile veranschaulicht sind. Hiernach handelt es sich in dem vorzugsweise ergriffenen Regierungsbezirk Dresden durchweg um ein mächtiges, tiefliegendes Plänerlager (Sandstein), über welches Schichten von Lehm, Kies, Sand und Ackererde in wechselnder Mächtigkeit ausgebreitet sind. Die Anordnung bezw. Dicke dieser Schichten ist in den Orten mit epidemischer Ausbreitung meist eine derartige, dass der Boden für flüssige Abfallstoffe in mehr oder minder hohem Grade durchlässig ist. In Niedergorbitz z. B. „ist der Boden allenthalben, selbst dort, wo das über dem Pläner befindliche Lehmlager eine ganz erhebliche Mächtigkeit besitzt, so durchlässig, dass die dem Abfluss der Tagewässer dienenden Rinnsale sich nur selten in erheblicher Weise und auf längere Strecken mit Wasser füllen“ (S. 54). — In Cossebaude liegen sämmtliche befallenen Häuser, mit Ausnahme des zuerst befallenen, in dem sogenannten „Grunde“, einer engen, ziemlich tief eingeschnittenen Thalmulde, dessen Sohle durchgehends unter einem wenig lehmigen Boden einen sehr durchlässigen Untergrund

[1]) Die Cholera in Syrien etc. Zeitschr. f. Biologie, 1876, Bd. XII.



von variabler Mächtigkeit hat. Der freier im Elbthale gelegene Theil des Dorfes blieb verschont (S. 70). — Ebenso steht in Löbtau die weitaus grösste Zahl der von der Cholera wesentlich befallenen Häuser auf dem sehr durchlässigen Kiesgrunde, während in dem alten Theile von Löbtau, in welchem sich über dem Pläner ein wenig mächtiges Lehmlager befindet, nur 2 mit Genesung endende Fälle vorkamen. Besonders ausgezeichnet ist hier der in so mörderischer Weise ergriffene Anfangstheil der Wilsdrufferstrasse (an der Ecke dieser und der Cottaerstrasse): hier bestand früher zur Seite des Fahrdammes eine ziemlich steil abfallende Böschung, welche im Laufe der letzten 50 Jahre durch aus Dresden angefahrenen Schutt ausgefüllt wurde. Auf diesem lockeren Schutt sind die berüchtigten vier Häuser No. 14, 15, 16 und 1 erbaut, welche zusammen nicht weniger als 35 Erkrankungsfälle (!) mit 13 Todesfällen lieferten (S. 56). — Auch für die Stadt Dresden sind vielfach ähnliche Verhältnisse ermittelt worden. Namentlich in der so schwer heimgesuchten Gerbergasse unterscheiden sich die beiden sehr ungleich befallenen Seiten durch die verschiedene Mächtigkeit des durchlässigen Untergrundes. Auf der fast ausschliesslich ergriffenen südlichen Seite besitzt der obenliegende lockere Bauschutt eine Dicke von 1.7—2,0 Meter und setzt sich unterwärts noch in eine gleichfalls durchgängige Sand- und Kiesschicht von mehreren Metern fort; auf der nördlichen Seite dagegen, die nur wenige Cholerafälle hatte, zeigt das Schuttlager eine Mächtigkeit von nur 0,4—0,7 bis höchstens 1,7 Mtr. und wird unterwärts überdies noch grösstentheils abgegrenzt durch eine wenig durchlässige Thon- und Lehmschicht von 0,6 bezw. 1,3 Mtr. Durchmesser (S. 60; Taf. 9).

Ausser der Durchlässigkeit des Untergrundes erweist sich aber noch ein anderer Factor von ganz hervorstechender Bedeutung für die Entwickelung der Choleraseuche, — nämlich die Höhenlage des Ortes. Es ist mir bei meinen ersten Studien der neueren Choleraliteratur sofort aufgefallen, dass sämmtliche ergriffenen Ortschaften und Ortstheile durch eine tiefe Lage im Verhältniss zu ihrer Umgebung ausgezeichnet sind. Inmitten einer Stadt mit unebenen Terrainverhältnissen werden die hochliegenden Stadttheile, wie schon das Beispiel von Lyon und Graudenz lehrte, oft in auffallender Weise verschont und die tiefliegenden vorzugsweise von der Seuche ergriffen.

In Heilbronn z. B. sind die Strassen, in welchen sich die Cholera (192 Fälle) festsetzte, die ältesten und tiefst gelegenen am Ufer des Neckar, zugleich mit ungünstigen Reinlichkeitsverhältnissen; in der oberen Stadt erlangte sie keine Ausbreitung (R. Volz, a. a. O.). — In Dresden ist der ganz vorwiegend ergriffene Theil der Wilsdruffer Vorstadt zugleich der am tiefsten im Elbthal gelegene Stadttheil Dresdens. Auch in dem hügeligen, ziemlich schroff abfallenden Terrain von Löbtau war es wiederum der untere, 8 Meter tiefer liegende Theil des Dorfes, in welchem die Cholera so rasche und heftige Verbreitung fand (R. Günther). — In Königs-

berg hat sich die Cholera noch niemals in der Gegend des hochgelegenen Schlossplatzes und nur selten auf dem noch höher gelegenen Tragheim epidemisch ausgebreitet; und in Danzig, früher eine der ungesundesten Städte, welche immer ungewöhnlich schwere Choleraepidemieen gehabt hat, waren stets die niedriger gelegenen Stadttheile die am stärksten betroffenen, während der auf und um den Bischofsberg herum erbaute Stadttheil sich durch seine Salubrität auszeichnete (Mehlhausen, S. 97).

Hirsch fand gleichfalls an mehreren Orten der Provinzen Posen und Preussen (Reisebericht, S. 20—22) „die Prädisposition tiefer gelegener Gegenden für die Krankheitsverbreitung, im Gegensatz zu den hoch gelegenen Punkten, während der ganzen Dauer der Epidemie oder doch während des Anfanges derselben in hohem Grade ausgesprochen.“ In sehr auffälliger Weise machte sich dies Verhalten in Dirschau geltend, wo die Epidemie in einem den hochgelegenen Theil der Stadt fast kreisförmig umgebenden Strassenzuge vorherrschte, in den hochgelegenen Strassen dagegen sich nur in vereinzelten, meist leichten Krankheitsfällen geltend machte. Aehnlich in Schwetz und Bromberg.

Derartige Beobachtungen sind fast in allen, namentlich grösseren Städten gemacht worden, in welchen das Terrain, bei im Uebrigen gleicher Bodenbeschaffenheit, Unebenheiten besitzt. Allerdings fehlt es nicht an vereinzelten Beispielen entgegengesetzter Art (Hirsch, S. 21), die sich zu der genannten Erfahrung verhalten, wie die Ausnahme zur Regel; solche Ausnahmen erklären sich eben aus dem Umstande, dass die Elevation des Bodens nicht die einzige Bedingung für das Auftreten von Cholera ist, sondern dass hier verschiedene locale Momente zusammentreffen müssen, unter denen Durchlässigkeit des Bodens und Verunreinigung desselben mit faulenden Abfallstoffen vielleicht die wichtigsten sind.

Die Art des Einflusses der tiefen Lage kann man sich, in dem früher angedeuteten Sinne, entweder so erklären, dass, zumal wenn der Lauf des Grundwassers der äusseren Bodenformatiou enspricht, in den muldenförmigen Vertiefungen sich vorzugsweise die Verunreinigungen des städtischen Untergrundes ansammeln, sodass hier das Erdreich immer stärker imprägnirt mit organischen Stoffen und stärker durchfeuchtet ist; oder auch es bedingt die tiefere, eingeschlossene Lage eine Beschränkung der Luftcirculation in diesen Stadttheilen, sodass einestheils die Zersetzungen im Erdreich ungehinderter vor sich gehen, andererseits die Luft dieser Oertlichkeiten sich stärker mit Producten der Zersetzung füllen kann. Alle diese Momente können auf die Entwickelung des Cholerakeimes und seine Ausbreitung unter den Bewohnern von bestimmendem Einfluss sein.

Dass es sich bei dieser Krankheit um ein specifisches Agens und nicht etwa um Pruducte der animalischen oder vege-

tabilischen Zersetzung handelt, bedarf keiner weiteren Erörterung. Die Cholera bricht eben nirgends aus, wo nicht der specifische Keim der Krankheit zuvor hingebracht ist; sie bricht aber auch andererseits nicht immer aus, wenn eine Einschleppung stattgefunden hat und die erwähnten localen Bedingungen zutreffen. Der Cholerakeim wird viel häufiger von Indien nach Bender Buschir am Rothen Meer und nach Suez gebracht, als dort Cholera ausbricht; selbst in der Heimath Nieder-Bengalen, wo die Bedingungen anscheinend im günstigsten Maasse erfüllt sind, ist Cholera keineswegs immer vorhanden, sondern tritt nur zeitweise auf.

Daraus muss man schliessen, dass es neben jenen constanten, localen Bedingungen noch eine Reihe veränderlicher Bedingungen giebt, die nicht immer vorhanden und wohl grösstentheils meteorologischer Natur sind. Als solche kommen hauptsächlich die Feuchtigkeit, die Temperatur der Luft und des Bodens, der atmosphärische Druck, Richtung und Intensität der Luftströmungen in Betracht. Doch ist über die Bedeutung dieser einzelnen Momente für die Genese der Cholera noch nichts Näheres bekannt.

Bezüglich der Temperatur und Jahreszeit ist noch zu erwähnen, dass Choleraepidemieen sowohl im Sommer, als auch im Winter vorkommen, allerdings im Sommer ungleich heftiger und ausgedehnter. Aus Günther's zahlreichen Messungen und graphischen Darstellungen ist ersichtlich, dass in Dresden die Acme der Cholera 1873 in die Zeit fällt, in welcher sowohl die Luft, als auch der Boden in 1 Mtr. Tiefe die höchste Temperatur hatte; insbesondere auch die der Explosion auf der Gerbergasse voraufgehende fünftägige Wärmeperiode (im Mittel 22,4°) war die höchste, welche in den beiden Monaten erreicht wurde. Ebenso kommt nach Günther auf die beiden, der Explosion unmittelbar voraufgegangenen Tage (31. Juli und 1. August) allein der dritte Theil des gesammten im Monat Juli gefallenen Regens. Dass beide Momente das Zustandekommen von Gärung und Fäulniss, sowie die Entwickelung von Schimmel und Hefe begünstigen, ist allgemein bekannt.

Die Verschleppung des Cholerakeimes geschieht erwiesenermassen durch Kleidungsstücke, Wäsche und Effecten von Personen, die in Choleraorten sich aufgehalten haben, auch wohl durch Stroh, Handelsartikel und Utensilien aller Art und wird am häufigsten vermittelt durch den persönlichen Verkehr, seltener durch

blosse Luftströmung. Es können ganz Gesunde den Krankheitskeim aus Choleraorten meilenweit mit sich fort in entfernte Orte tragen und so den Anstoss zur Entwickelung einer furchtbaren Epidemie geben, ohne selbst zu erkranken; und umgekehrt sehen wir Cholerakranke von Ort zu Ort reisen und überall ihre krankhaften Ausleerungen deponiren, ohne dass hier Cholera ausbricht.

In dem Bericht über die Laufener Anstaltsepidemie theilt v. Pettenkofer die Geschichte eines Gefangenen mit, welcher cholerakrank aus der Anstalt entlassen und zwei Tage später erschöpft in einem Spital aufgenommen wurde. Von allen Personen, welche mit diesem Kranken in Wirthshäusern und im Postwagen in engster Berührung waren. erkrankte nach genauen amtlichen Recherchen keine; und in keiner der Ortschaften, in welchen er seine Dejectionen niedergelegt hatte, brach die Cholera aus.

In der Gerberstrasse No. 15 zu Dresden war am 11. Juli 1873 eine Grünwaarenhändlerin aus Niedergorbitz (Choleraherd) cholerakrank zusammengebrochen; aber obwohl die hölzerne Treppe und der Hof mit Erbrochenem und Cholerastühlen über und über beschmutzt waren, ist doch dieses Haus eines der wenigen auf der Gerbergasse, in welchen kein Erkrankungsfall an Cholera vorkam. Ueberhaupt brach hier die Epidemie erst einige Wochen später aus (Günther).

Contagiosität wird der Cholera, entgegen der früher gangbaren Anschauung, von fast allen neueren Forschern entschieden abgesprochen. Diejenigen Personen, welche einer Uebertragung von Person zu Person offenbar am meisten ausgesetzt sind, wenn eine solche überhaupt stattfände, sind die Krankenpfleger, Wärter, und Aerzte. Alle fünf Berichte der „Choleracommission für das Deutsche Reich" aber geben auf Grund sorgfältiger Erhebungen übereinstimmend an, dass das Heil- und Pflegepersonal der Cholerakranken im Allgemeinen nicht stärker von der Seuche zu leiden hatte, als irgend eine andere Berufskategorie, welche mit Cholerakranken in gar keine Berührung kam.

In Laufen zeichneten sich die mit der Behandlung und Pflege der Cholerakranken Beschäftigten (3 Aerzte, 12 Wärter, 20 Hülfswärter) fast durch Immunität aus; nur von den letzteren erkrankten 2 an Diarrhoe und 2 an Cholerine (v. Pettenkofer). — In Sachsen erkrankten 1873 von etwa 50 Aerzten nur 3 (ohne Todesfall), von ca. 40 Krankenpflegerinnen nur einige vorübergehend an Cholerine und von 50 Leichenwäscherinnen keine (Günther). — In dem Münchener Militärlazareth war während der Epidemie 1873/74 von den Lazarethgehülfen und Krankenwärtern trotz der dauernden und innigsten Berührung mit den Cholerakranken nicht ein eiziger an der Cholera erkrankt (Port, Berichte No. IV). Interessant ist die dabei

von Port gezogene Parallele mit dem Ileotyphus. In den drei Typhusjahren 1871—74 erkrankten von durchschnittlich 80—87 Wärtern nicht weniger als 58 (!) am Tyhhus, in jeder Epidemie etwa 19 = 23,7 pCt.; d. h. die Krankenwärter des Lazareths waren die vom Typhus bei weitem am meisten betroffene Kategorie von Militärpersonen überhaupt. Port schliesst daraus, dass die Cholerakranken ihren Pflegern weit weniger gefährlich sind, als die Typhuskranken (Ebenda).

Alle diese Erfahrungen deuten schon darauf hin, dass die früher so gefürchteten Choleradejectionen durchaus nicht denjenigen Grad von Ansteckungsfähigkeit besitzen, welchen man ihnen nach allgemeiner, volksthümlicher Anschauung bisher beilegte. Wenn Wärter, welche in Choleralazarethen tagtäglich mit der Entleerung von Stechbecken und Nachtstühlen oder mit der Reinigung der Bettwäsche und des Erdbodens von Erbrochenem und von Darmausleerungen beschäftigt sind, trotz wochenlanger Beschäftigung mit den krankhaften Excrementen nicht an Cholera erkranken, wenn Personen, welche Cholerakranke auf den Händen tragen und dabei von den unfreiwilligen Entleerungen derselben von oben bis unten überschüttet werden, von der Krankheit verschont bleiben, dann kann man die Dejectionen nicht mehr als das eigentlich deletäre, die Ansteckung und Weiterverbreitung bedingende Element, sondern nur als ein relativ ungefährliches Product der Krankheit betrachten.

Sehr schlagend beweist dies ein von v. Pettenkofer mitgetheilter, höchst instructiver Fall:

In Laufen wurden, da man aus naheliegenden sanitätspolizeilichen Gründen die Ausräumung der mit Cholerastühlen angefüllten Latrinen fürchtete, die Gruben zur Zeit des Höhepunkts der Epidemie bald bis zum Ueberlaufen voll. Niemand wagte im Interesse der eigenen Gesundheit und des Wohles der angrenzenden Stadt ihre Entleerung. Die Noth stieg mit jedem Tage; in die Keller hinein sickerte bereits die gefährliche Jauche und musste daselbst durch untergestellte Kübel aufgefangen werden. Die allgemeine Panik und die Verlegenheit wuchsen immer mehr. Endlich fanden sich drei todesmuthige Bauern, welche in zwei aufeinander folgenden Nächten mittelst 75 zweispännigen Fuhren den etwa 1500 Centner (!) wiegenden Koth ausserhalb der Stadt auf abgelegene Plätze fuhren. Wider alles Erwarten erwies sich diese Procedur als ganz unschädlich. 8 freiwillige Gefangene, 4 Mann aus der Stadt, 1 Aufseher, 6 Fuhrknechte und 3 Bauern waren hierbei thätig gewesen; von diesen 21 mit dem Grubeninhalt in innigste Berührung gekommenen Personen erkrankte in der Folge auch nicht eine. Auch die Stadt Laufen blieb von der Seuche verschont.

Im Allgemeinen sehen wir also, dass bezüglich der ätiologischen Momente zwischen der Cholera und dem Typhus eine gewisse Uebereinstimmung besteht. Anhäufung von todten organischen Auswurfstoffen des menschlichen Haushalts auf der Oberfläche, sowie im Innern des bewohnten Erdreichs, eine Reihe von tellurischen und atmosphärischen Einflüssen, welche einestheils die Aufsaugung jener Stoffe vom Boden, anderntheils die Fäulniss derselben im Erdreich begünstigen, — das sind im wesentlichen die Bedingungen, welche der epidemischen Ausbreitung der beiden Krankheiten, des Typhus sowohl wie der Cholera, Vorschub leisten.

Diese Uebereinstimmung findet ihre Bestätigung in der Wahl gleicher Oertlichkeiten bei der Niederlassung an diesem oder jenem Ort. Bisher ist die Aufmerksamkeit auf diesen Punkt wenig gelenkt worden; doch die vorhandenen Beobachtungen genügen, das Gesagte zu erhärten.

Stabsarzt Port[1]) in München hat meines Wissens zuerst hierüber genaue Beobachtungen angestellt und für die Münchener Kasernen die localistische Uebereinstimmung beider Krankheiten ziffermässig festgestellt. Für die Cholera-Epidemie des Jahres 1873/74 wurde nachgewiesen, dass die Frequenz der Erkrankungen innerhalb der Kasernen mit der Entfernung von der Isar gleichmässig abnimmt. So war die hart am linken Isarufer gelegene Neue Isarkaserne mit 41,7 pr. Mille, die Hofgartenkaserne mit 25,8 pr. M., die Türkenkaserne mit 23,1 pr. M. und die am weitesten ab, auf einem der höchsten Punkte gelegene Max-II.-Kaserne dagegen nur mit 1,7 pr. M. an Erkrankungen betheiligt. Ganz dasselbe Verhalten zeigten im Verlauf mehrerer Jahre die Kasernen auch bezüglich des Typhus: die zunächst der Isar gelegenen Alte und Neue Isarkaserne, nächstdem die Hofgartenkaserne wurden immer am stärksten vom Typhus heimgesucht, die am weitesten entfernten Kasernen Max II. und Salzstadel dagegen relativ verschont. — Diese Analogie bestand auch in der Reihenfolge des Befallenwerdens der einzelnen Kasernen. Der Typhus beginnt in den gewöhnlichen Winterepidemieen regelmässig in den tiefstgelegenen Kasernen an der Isar und greift erst nach Verlauf von Wochen und Monaten auf die höher gelegenen und entfernteren Kasernen über, nimmt also einen dem Verlauf des Grundwassers gerade entgegengesetzten Gang; die viel selteneren Sommerepidemieen dagegen nehmen gewöhnlich in den in der Mitte gelegenen Kasernen (Türken- und Hofgartenkaserne) ihren Anfang und breiten sich selten über die nahe oder sehr fern von der Isar gelegenen Kasernen aus. Ganz ebenso verhielt sich in München, wie Port durch graphische Darstellungen ersichtlich macht, die Sommer- und Winterepidemie der Cholera.

---

[1]) Port: Bericht über die Choleraepidemie 1873/74 in der Garnison München und das Verhalten des Militärkrankenhauses während der Epidemie. Abschnitt 6 der Berichte d. Choleracomm. f. d. Deutsche Reich, 1877, Heft IV.



Dieselbe Uebereinstimmung zwischen Cholera und Typhus findet sich in Thorn. Hier herrschte die Cholera 1873, nach Hirsch (Reisebericht, S. 9), fast ausschliesslich in einigen Strassen der Altstadt; von 282 Erkrankungen kommen in dieser Epidemie auf die Altstadt allein 127 Fälle, welche sich fast nur auf vier mit einander zusammenhängende Strassen (die Bäcker-, Wind-, Heiligegeist- und Araberstrasse) vertheilten. — Genau derselbe Stadttheil und dieselben Strassen werden auch von Marquardt [1]) als der bevorzugte Sitz der Typhusepidemieen 1876 und 1877 bezeichnet. „Dieser Stadttheil zeichnet sich überhaupt durch das Vorkommen seuchenartiger Krankheiten aus. Epidemieen von Scharlach, Masern, Diphtheritis suchen ihn mit ganz besonderer Heftigkeit und Hartnäckigkeit heim, und die Choleraepidemieen, so namentlich die von 1873, hatten hier ihren bevorzugten Sitz." Diese Localisation wird erklärlich durch die weiteren Mittheilungen Marquardt's, nach welchen der Untergrund dieses Stadttheils „in einer ganz unerhörten Weise mit organischen Stoffen verunreinigt ist." Ueber die ganz primitive Art der Beseitigung der Excremente und Abfallstoffe und die dadurch herbeigeführte, „geradezu unglaubliche" Imprägnation des Erdbodens mit animalischen Stoffen siehe das lesenswerthe Original (S. 411 u. 412).

Auch aus Braunsberg wird berichtet, dass die Cholera sich vorzugsweise in den Brutstätten des Typhus einnistete, namentlich in solchen Gebäuden, welche durch die Unsauberkeit des darin betriebenen Handwerks (Schlächterei) ausgezeichnet waren. Aehnlich in Bartenstein. (Mehlhausen, a. a. O. S. 81.) —

Nur in einer Beziehung unterscheidet sich die Cholera von dem Typhus. Während wir sahen, dass bei Typhusepidemieen die Verbreitung durch Trinkwasser nicht selten ist, scheint eine solche bei der Cholera gar nicht oder nur ausnahmsweise vorzukommen. Wenigstens enthalten die Berichte der Choleracommission zahlreiche Beispiele, welche direct gegen eine Uebertragung durch Trinkwasser sprechen; so z. B. die gemeinschaftliche Benutzung eines Pumpbrunnens seitens mehrerer Nachbarhäuser, von denen nur das eine von der Cholera befallen wird; ferner die völlig tadellose Beschaffenheit des Trinkwassers in einem anderen Hause, dessen Bewohner von der Cholera förmlich decimirt werden, und ähnliche.

Ob durch diese negativen Beobachtungen die ätiologische Bedeutung des Trinkwassers für die Choleragenese überhaupt widerlegt wird, ist eine andere Frage. Jedenfalls bleibt beachtenswerth, dass eine Anzahl namhafter Forscher auf Grund eigener Beobachtungen diese Möglichkeit der Uebertragung noch aufrecht erhält.

---

[1]) Marquardt: Typhusstudien aus der Garnison Thorn. Deutsche militärärztl. Zeitschr., 1878, Heft 9, S. 407.

R. Förster [1]) namentlich hat in einer besonderen Schrift triftige Gründe dafür angeführt und zahlreiche schlesische Städte namhaft gemacht, in welchen das Auftreten oder Ausbleiben der Seuche im Jahre 1866 in auffallender Weise coincidirte mit dem Gebrauch von Grundbrunnen bezw. von Wasserleitungen.

Er führt darin zunächst den Nachweis, dass in der Regel nur solche Orte resp. solche Ortstheile von der Cholera epidemisch ergriffen wurden, welche ihr Trink- oder Nutzwasser aus solchen in die Erde gegrabenen Brunnen beziehen. Andere Orte hingegen, die bisher nie Choleraepidemieen gehabt haben und in denen auch die Seuche trotz wiederholter Fälle nicht aufkam, sind Polnisch-Lissa, Lauban, Pless, Grüneberg und andere kleinere Städte in Schlesien und Posen; alle diese Ortschaften haben aber das gemein. dass sie ihr Trinkwasser fast ganz durch Röhrenleitungen von ausserhalb aus geeigneten Quellen beziehen und nur ausnahmsweise noch aus an Ort und Stelle gegrabenen Trinkbrunnen. In manchen Städten liess sich sogar diese Coincidenz zwischen der Choleraausbreitung und der Benutzung von Brunnen bis in die einzelnen Stadttheile verfolgen. In der Festung Glogau z. B. wurde während der Epidemie von 1866 nur der auf dem rechten Oderufer gelegene Stadtheil von der Cholera heimgesucht mit einem Verlust von 1½ pCt. der Bevölkerung, während der auf dem linken Oderufer gelegene, zehnmal grössere Stadttheil, welcher ausserdem noch die Nachbarschaft eines von der Cholera inficirten Barackenlagers österreichischer Gefangenen zu ertragen hatte, von der Kranhheit fast ganz verschont blieb; dieser Stadtheil links der Oder bezieht sein Wasser aus Quellen von ausserhalb, der Stadttheil rechts dagegen aus am Orte gegrabenen Brunnen.

Ganz ähnlich war das Verhältniss in Weimar, wo ebenfalls die eine Hälfte der Stadt Wasserleitungswasser, die andere nur Brunnenwasser hat, und wo nur die letztere von Cholera befallen wurde. Denselben Dienst, wie Wasserleitungen, thun auch, wie Förster an einigen Beispielen zeigt, tiefe, in den Felsen gehauene Brunnen, die jede Communication mit Aborten und Fäulnissherden ausschliessen: so in Zobten und im oberen Stadttheil von Jauer, der immun blieb, während im tiefer gelegenen Stadttheil die Cholera herrschte. Aus diesen Verhältnissen ist es nach Förster zu erklären, dass hoher Grundwasserstand, Felsboden, undurchlässiger Thonboden dem Auftreten der Cholera hinderlich sind, rasches Fallen des Grundwassers und poröser Boden dagegen die Cholera begünstigen; ebenso, dass auch im Winter Choleraepidemieen fortdauern können und ferner Cholera auf der Wasserwüste und in der Sandwüste eine Seltenheit ist.

Ich bin zwar nicht in der Lage, die Richtigkeit aller dieser Angaben beurtheilen zu können, halte sie jedoch einstweilen für stichhaltig genug, um die Möglichkeit einer Verbreitung der Cholera durch Trinkwasser aufrecht zu erhalten.

Auch Hirsch theilt (a. a. O. S. 18—20) aus der letzten Epidemie

---

[1]) R. Förster: Die Verbreitung der Cholera durch die Brunnen. Breslau, 1866.

1873 mehrere ganz ähnliche Beispiele mit, z. B. von Culmsee, Thorn, Danzig und Elbing, in welchen der krankmachende Einfluss inficirten Trinkwassers mehr als wahrscheinlich ist. Unentschieden lässt es Hirsch, ob das Trinkwasser in diesen Fällen direct die specifische Krankheit erzeugt oder nur durch seine allgemein schädliche Wirkung auf den Organismus speciell auf die Darmschleimhaut, ein prädisponirendes Moment abgegeben habe. Das Factum der schädlichen Einwirkung des Trinkwassers erkennt er jedoch an. —

Von anderen Infectionskrankheiten, insbesondere der Ruhr, dem Flecktyphus, der Pest und dem Gelbfieber, lässt sich über den ätiologischen Zusammenhang mit Fäulnissprocessen nicht viel Positives aussagen.

Am häufigsten wird noch die **epidemische Ruhr** auf eine directe Einwirkung faulender organischer Stoffe zurückgeführt, weil dieselbe — in unserem Klima wenigstens — nicht selten unter Verhältnissen auftritt, welche dem Zustandekommen von Zersetzungsprocessen und von Bodenverunreinigung bezw. Luftverpestung durch excrementitielle Substanzen in hohem Maasse günstig sind. Hierher gehört das Auftreten von Ruhrepidemieen inmitten dichter, längere Zeit andauernder Menschenansammlungen an einem umschriebenen Orte zur Sommerzeit, also namentlich in bevölkerten Kasernen, in grossen Heerlagern bei Belagerungen, in Hospitälern und Gefängnissen. Unter diesen Verhältnissen wurde schon von den älteren Aerzten, z. B. J. Pringle, Mursinna u. A., die Entstehung von Ruhr beobachtet und auf die Einathmung putrider Emanationen zurückgeführt (Lagerruhr, Lazarethruhr).

Auch für die schwere Ruhrepidemie während des deutsch-französischen Krieges 1870/71 im Heerlager der Deutschen haben Dachsenberger und Andere wahrscheinlich zu machen gesucht, dass die Zersetzungsprocesse auf den mit Abfällen aller Art, Dejectionen und Leichen von Menschen und Thieren stark verunreinigten Lagerplätzen während der Belagerung von Metz, zumal nach heftigen Regengüssen und darauf folgender Hitze (August und September 1870), das Ruhrgift erzeugt haben. Ein solcher unmittelbarer Zusammenhang mit den Fäulnissprocessen ist indessen keineswegs sicher erwiesen.[1]) Ob das Ruhrgift überhaupt spontan ent-

[1]) Beispiele ähnlicher Art über den Einfluss mephitischer Exhalationen von Latrinen, Kloaken und anderen Fäulnissherden auf die Genese der Ruhr sind zusammengestellt von Fröhlich, Deutsche militärärztl. Zeitschr., 1878, Heft 5, S. 193. — Bei dieser Gelegenheit sei noch einer kleinen Epidemie



stehen kann, oder ob es immer erst zugetragen werden muss, damit Ruhr entsteht, ist noch zweifelhaft.

In denjenigen Ländern, in welchen nach Hirsch die Ruhr endemisch herrscht, also namentlich in den Tropen und den südlichsten Zonen Europas, ist der Zusammenhang mit animalischen oder vegetabilischen Zersetzungsprocessen, wenn auch vielfach wahrscheinlich, so doch keineswegs immer evident; Feuchtigkeit und anhaltend hohe Temperatur scheinen hier zur Spätsommerzeit die Entwickelung der Endemieen besonders zu begünstigen.

Dagegen ist das **Gelbfieber**, welches gleichfalls in den Küstenstädten der Tropen so vorzugsweise, ja hier fast ausschliesslich domicilirt, nach Hirsch und Griesinger in sehr ausgesprochener Weise gebunden an schmutzige und verkommene Localitäten. In den Küstenstädten beschränkt sich die Epidemie in der Regel nur auf diejenigen Stadttheile und Häuser, welche sich durch Unsauberkeit der Bewohner und Anhäufung von Schmutz und Excrementen in den Hofräumen und auf den Strassen ganz besonders auszeichnen.

Auch der **Flecktyphus** und die **Pest,** zwei ebenso alte als furchtbare Feinde des Menschengeschlechts, siedeln sich mit Vorliebe an solchen Plätzen und Ortstheilen an, wo das sociale Elend, die Armuth und Verkommenheit mit allen ihren Schattenseiten den Wohnsitz aufgeschlagen hat. Dichtigkeit der Bevölkerung, elende, enge Behausung, Unsauberkeit der Person und des Haushalts, Anhäufung von Auswurfstoffen und Excrementen im Hause, sowie auf den Hofräumen, unzulängliche oder unzweckmässige Ernährung, dürftige Kleidung, andauernder Aufenthalt in geschlossenen Räumen und Stagnation der Luft in den bewohnten Orten — das sind die wesentlichsten, aller Orten wiederkehrenden Factoren, unter welchen wir auch diese beiden Krankheiten epidemische, ja oft so mörderische Ausbreitung gewinnen sehen. Der Flecktyphus ist überdies

von Cholera nostras Erwähnung gethan, welche anscheinend durch die directe Einwirkung putrider Effluvien hervorgerufen wurde. In einer Knabenschule in der Nähe von London wurde, wie Searle berichtet, eine mit faulendem Schlamm gefüllte Gosse gereinigt und der lebhaft stinkende Inhalt in den Garten entleert. Von 30 Zöglingen der Schule, welche dem Einflusse dieser Ausdünstungen unmittelbar ausgesetzt waren, erkrankten zwei Tage darauf 20 an ausgesprochener Cholera nostras. 2 derselben starben und boten bei der Section einen der asiatischen Cholera ähnlichen Befund dar. (London medical gazette, 1829. Vol. IV, p. 375. — Griesinger: Infectionskrankheiten, Bd. II, S. 370.)



noch in hohem Maasse contagiös, was seine schnelle Ausbreitung in geschlossenen Anstalten erklärt (Schiffstyphus, Gefängnissfieber, Lazarethfieber), während die Pest nach neueren Angaben, ebenso wie die Cholera, fast gar keine oder nur geringe Ansteckungsfähigkeit zu besitzen scheint (Hirsch). —

Blicken wir noch einmal in Kürze auf das Ergebniss der vorstehenden Betrachtungen zurück, so können wir es nunmehr als feststehend betrachten, dass die Fäulniss, diese ständige Begleiterin des menschlichen und thierischen Lebens, auf die Entstehung resp. Ausbreitung gewisser infectiöser Krankheiten einen gewichtigen, theils directen, theils indirecten Einfluss ausübt und diesen Einfluss im Allgemeinen in einem um so höheren Grade geltend macht, je mehr einestheils die Ansammlung oder die Gewohnheit der Menschen die Anhäufung faulender Stoffe inmitten der menschlichen Gemeinschaft begünstigt, anderntheils tellurische und atmosphärische Verhältnisse den Ablauf von Zersetzungsvorgängen befördern. Die Verunreinigung des Erdbodens der Städte kann daher, wie früher hervorgehoben, unbedenklich als einer der wichtigsten Factoren für die Ausbreitung von Seuchen betrachtet werden, und unter diesen Seuchen sind es vornehmlich der Typhus und die Cholera, welche von diesem Factor ein ganz bestimmtes Abhängigkeitsverhältniss zeigen.

Diese erst innerhalb der letzten Decennien zur vollen Klarheit geförderte Erkenntniss hat auch bereits nach verschiedenen Seiten hin fruchtbringend gewirkt; sie hat der öffentlichen Gesundheitspflege der Städte eigentlich erst die rechten Wege gewiesen, ja, man kann wohl sagen, ihr überhaupt erst die wahre Lebensader gegeben. An die Stelle der unklaren Vorstellungen und der ungewissen, oft mystischen Theorieen früherer Zeiten sind nunmehr klare Ziele getreten, welche der Gesundheitspflege reelle Handhaben für ein praktisches Handeln gewähren. Fast an allen grösseren Orten finden wir gegenwärtig die städtischen Verwaltungen im Verein mit wissenschaftlichen und technischen Fachmännern bestrebt, durch regelrechte, zweckmässige Beseitigung der Abfallstoffe den Erdboden der Städte von weiteren Verunreinigungen frei zu halten, sowie durch Zuleitung guten Wassers von ausserhalb die Möglichkeit einer Inficirung der Bewohner durch das verunreinigte Brunnenwasser der Städte auszuschliessen.

Diese an vielen Orten bereits durchgeführten, an anderen in

der Ausführung begriffenen Massregeln haben auch in gesundheitlicher Beziehung bereits die erfreulichsten, ja nicht selten überraschenden Früchte getragen.

So hat in allen englischen Städten, in welchen Behufs Reinhaltung des Bodens und der Luft des Hauses geruchlose Abtritte (Closets) und gute Canalisirung eingeführt wurden, nicht blos die Typhusmortalität, sondern auch die Gesammtsterblichkeit der Bevölkerung stetig und oft beträchtlich abgenommen. Seit dem Jahre 1866, in welchem die Cholera nur eine geringe Ausdehnung auf der Insel erreichte, ist England von den wiederholten Epidemieen des benachbarten Continents gänzlich verschont geblieben. Ebenso hat Lübeck, eine der ersten deutschen Städte, welche die Canalisation einführte, während der grossen Epidemieen 1866 und 1873 nur einige wenige Cholerafälle gehabt. Auch in Halle, wo früher wiederholt schwere Choleraepidemieen geherrscht haben, ist innerhalb der letzten Decennien für die Reinhaltung des Bodens und gute Wasserversorgung viel gethan; im Jahre 1873 wanderte die Cholera wiederum epidemisch bis in die Vororte von Halle, aber die Stadt selbst blieb diesmal verschont (v. Pettenkofer). Noch auffallender ist der Erfolg in Danzig. Diese Stadt war in früheren Jahren durch Bodenverunreinigung, schlechtes Trink- und Gebrauchswasser und andere hygienische Missstände in hohem Maasse ausgezeichnet, daher auch regelmässig vom Jahre 1831 an bis zum Jahre 1867, so oft die Cholera an der Weichsel erschien, der ganz bevorzugte Sitz der Seuche. Nachdem jedoch seit dem Jahre 1868 die Canalisation ausgeführt und die Zuleitung reinen Quellwassers von ausserhalb bewerkstelligt worden ist, zeichnete sich die Stadt 1873, nach den Mittheilungen Hirsch's, durch relative Immunität aus. Während im Regierungsbezirk Danzig die Cholera so heftig wüthete, wie sonst, hat die Stadt selbst diesmal nur etwa 100 Cholerafälle gehabt; davon kamen die meisten Erkrankungs- und Todesfälle und namentlich gehäufte Erkrankungen in einer Wohnung fast nur in solchen Häusern vor, welche das alte Senkgruben- oder Nachtstuhlsystem noch beibehalten haben.

Inwieweit diese Erfolge constant sind und die zu Grunde gelegte Theorie rechtfertigen, lässt sich zur Zeit noch nicht mit genügender Sicherheit beurtheilen; doch werden die Erfahrungen der kommenden Decennien ohne Zweifel hierüber den gewünschten Aufschluss geben.

Viertes Capitel.

Die Morphologie der Fäulniss.

Allgemeiner physikalischer Charakter der Zersetzung. Der mechanische Zerfall und die Verflüssigung. Formen der Fäulniss: 1) Die Fäulniss in freier Luft (Luftleichen). Mitwirkung der Thierwelt. Veränderungen der Organe. 2) Die Mumification. Trockener Brand (Sphacelus) der Weichtheile. Versteinerung und Lithopädionbildung. 3) Die feuchte Fäulniss (Wasserleichen). Feuchter Brand (Gangrän) der Weichtheile. Der rauschende Brand. 4) Die Fäulniss beerdigter Leichen. Veränderungen vor und nach der Beerdigung. Fettwachs-(Adipocire-)Bildung. 5) Fäulniss von Flüssigkeiten. — — Histologische Veränderungen der faulenden Gewebe. Blut und Faserstoff; lymphoide und epitheliale Zellen; quergestreifte und glatte Muskelfasern; Fettgewebe, Nerven, Gefässe; die Bindesubstanzgebilde und der Knochen. — Fäulnissorganismen: Die Schizomyceten (Vibrionen, Bacterien); ihre Lebenserscheinungen und Vegetationsformen (Coccobacteria sept. Billr.). Die Schraubenbacterien. Systematik und Nomenclatur derselben. Die Pigmentbacterien. — Schimmelpilze. — — Formen der Vermoderung: 1) Die Mumification der Pflanzen. 2) Die Humus- oder Moderbildung (Humification). 3) Die Versumpfung (Limification). 4) Umwandlung der Holzfaser in Torf, Braun- und Steinkohle. 5) Gärung der Pflanzensäfte. — Kleinste Organismen: Die Infusorien (Ehrenberg). Gärungspilze und Hefen. — Kraftquelle der niederen Pflanzenorganismen. Wärmebildung bei Gärung und Fäulniss.

Wir hatten bisher nur den chemischen Charakter der Fäulnissprocesse erörtert; wir hatten die Stoffe betrachtet, in welchen sie ihren Sitz haben, ferner die Producte kennen gelernt, welche sie bilden, und die Wirkungen, welche sie in Natur und Menschenleben ausüben. Es liegt uns nun noch ob, den physikalischen Charakter der Fäulniss etwas näher zu betrachten und die Formen zu prüfen, unter welchen sich die Destruction der abgestorbenen Theile des Thier- und Pflanzenkörpers vollzieht.

Es ist klar, dass eine fortgesetzte chemische Alteration irgend welcher organischen Substanz nicht wohl denkbar ist, ohne zugleich die physikalischen Eigenschaften in mehr oder weniger merklichem Grade zu ändern. Gerade für die fäulnissfähigen Stoffe der Thier- und Pflanzenwelt wird sich ein derartiger Einfluss um so deutlicher

kenntlich machen, als hier die der Zersetzung unterliegenden organischen Verbindungen gerade durch die Eigenschaft einer bestimmten Form und durch die grosse Mannigfaltigkeit dieser organischen Formen ausgezeichnet sind. Hier kann also eine chemische Decomposition der geformten Verbindungen bis zur völligen, elementaren Auflösung in gasförmige und flüssige Endproducte nicht wohl statthaben, ohne eine gleichzeitige Vernichtung der ursprünglichen Form. Wenn eine Eigenthümlichkeit des Lebens darin besteht, nicht blos complexe organische Verbindungen zu bilden, sondern auch diese Verbindungen in bestimmte Formen überzuführen und aus der ungeformten Materie charakteristisch gestaltete, mit besonderen Eigenschaften begabte Naturkörper zu erzeugen, so lässt der Fäulnissprocess wiederum eine gerade entgegengesetzte Tendenz erkennen, nämlich alle die mannigfaltigen und vielgestaltigen Formen des organischen Lebens zu vernichten und aus geformter Substanz ungeformte anorganische Materie zu bilden.

Die Art und Weise dieser Zerstörung ist, wie der Chemismus, eine ungemein gleichförmige und giebt sich überall nach zwei Richtungen hin zu erkennen, nämlich erstens als eine Auflösung der Organe in kleinere und kleinste moleculare Trümmer, und zweitens als ein Uebergang des festen Aggregatzustandes in den flüssigen. Die erstere Art der Umwandlung bezeichnet man als mechanischen Zerfall der Gewebe, die letztere Art als Erweichung oder Verflüssigung derselben. Beide Arten der Destruction gehen gewöhnlich gleichzeitig neben einander her, und je nachdem im einzelnen Falle der mechanische Zerfall oder die Verflüssigung überwiegt, tritt uns die Fäulniss unter einem verschiedenen Bilde entgegen.

Es ist schwer, bestimmte typische Formen des Unterganges aufzustellen, da die Bedingungen, unter denen die Fäulniss und Vermoderung stattfindet, in der Natur im Allgemeinen ausserordentlichem Wechsel unterworfen sind; es kommen daher so häufig Uebergänge der einen Form in die andere vor, dass es nicht möglich ist, eine bestimmte Gesetzmässigkeit in der physikalischen Umwandlung zu erkennen. Wenn wir daher in Nachfolgendem von verschiedenen Formen des Unterganges sprechen, so soll damit nicht gesagt sein, dass diese Formen typische und gesetzmässige seien, sondern es sind damit nur diejenigen Arten der Umwandlung gemeint, welche in der Natur am häufigsten beobachtet werden

und bei einer gewissen Uebereinstimmung der äusseren Bedingungen mit ziemlicher Regelmässigkeit wiederkehren.

Wenn Thier- und Menschenleichen oder Theile derselben an freier Luft liegen bleiben, so pflegt alsbald die Fäulniss in legaler Weise einzutreten und sich im Ablauf der ersten Tage zunächst durch den Eintritt der Todtenstarre[1]), durch einen eigenthümlichen Leichengeruch und die Verfärbung der äusseren Haut kenntlich zu machen. Man sieht gewöhnlich schon nach 1—2 Tagen zuerst auf den Bauchdecken grünliche Flecken auftreten, die später saturirter und zahlreicher werden, dabei einen Stich ins schmutzig Braungrüne oder Röthlichgrüne annehmen und sich schliesslich gleichmässig über den ganzen Körper verbreiten. Dabei heben sich gewöhnlich an Menschenleichen, namentlich an Hals, Brust und Extremitäten, die oberflächlichen Hautvenen als dunkle, weinrothe Stränge von dem helleren Grunde ab. Die Augäpfel werden weich und trübe; die Bauchdecken sind schon nach 5—8 Tagen kugelförmig aufgetrieben durch die Entwickelung stinkender Gase in den Gedärmen (Schwefelwasserstoff und Phosphorwasserstoff). Die Gewebe fühlen sich bei der Palpation der Körperoberfläche gleichzeitig etwas schlaffer und weicher an und zeigen im Allgemeinen eine dunklere Farbe, welche, wie die oben genannten Erscheinungen, von einer Durehtränkung der Gewebe mit dem aufgelösten Blutfarbstoff abzuleiten ist; das Blut selbst erscheint in Folge dessen dunkel, schwarzroth, oft theerartig und lackfarben; die Bindesubstanzen haben ein gelbliches bis bräunliches Colorit angenommen und die Muskeln erscheinen von gesättigterer Farbe. Unter diesem Bilde beginnt gewöhnlich jede Art von Zersetzung thierischer Organe, welche sich an der Luft selbst überlassen sind, bei wärmerer Temperatur natürlich schneller, bei Winterkälte langsamer; im weiteren Verlauf jedoch ändert sich das Bild, je nachdem der Wasserreichthum des faulendem Organs oder des umgebenden Mediums (Luft, Erde) der Zersetzung günstig ist oder nicht.

Bei der Fäulniss der Thierleichen unter freiem Himmel erfolgt nun weiterhin ein reguläres Fortschreiten des Auflösungs- und Erweichungsprocesses, wie wir es am besten an nackten mensch-

---

[1]) Ueber das Phänomen der Leichenstarre und ihre Beziehung zur Fäulniss wird weiter unten genauer berichtet werden.



lichen Leichen beobachten können. Der Leichnam ist nach etwa 8 Tagen über den ganzen Körper dunkel braungrün oder röthlichgrün verfärbt und entwickelt deutlichen Fäulnissgeruch. Die Oberhaut hebt sich stellenweise durch transsudirtes Blutserum in Blasen ab und wird selbst ganz abgelöst; der Bauch ist kugelförmig gewölbt, die Brust durch entwickelte Gase deutlich ausgedehnt und das Zellgewebe des ganzen Körpers mehr oder weniger emphysematös aufgetrieben. An allen Theilen des Körpers beginnt jetzt, im Durchschnitt nach etwa 5 Tagen, lebhafte Gasentwickelung und stinkende Zersetzung. Die Gesichtszüge sind durch die enwickelten Gase bis zur Unkenntlichkeit aufgedunsen, Augenlider, Nase und Wangen geschwollen und mit wässerigen Blasen bedeckt, das Auge schmutzigroth imbibirt, eingesunken und vollständig trübe. Besonders auffällig ist das faulige Emphysem in der 3.—4. Woche am Penis und Hoden, welche letzteren bis zu Kindskopfgrösse anschwellen können. Um diese Zeit, etwa 3 Wochen nach dem Tode, sieht man den Leichnam von zahlreichen lebenden Wesen aller Art bevölkert. Namentlich an den faltigen Stellen in der Nähe der Gelenke und in den natürlichen Höhlen des Körpers (Mund, Nase, Ohren, After) wimmeln Maden in grosser Zahl; Käfer, Würmer und Insekten mannigfacher Art gesellen sich dazu und leisten dem Process der Fäulniss thätige Hülfe. Sie leben von den faulenden Theilen des Leichnams, indem sie die Weichgebilde desselben nach und nach buchstäblich verzehren. Auch grössere Thiere werden durch den weit sich verbreitenden Geruch des Cadavers sehr bald angelockt; Land- und Wasserratten, Hunde, Katzen, Raubvögel, Füchse nnd Wölfe fallen in grösserer oder geringerer Zahl über den Leichnam als willkommene Beute her, zernagen den Rumpf und die Extremitäten bis auf den Knochen und lassen schliesslich von dem ganzen Cadaver nichts weiter übrig, als das unverdauliche und auch fäulnissunfähige Skelett. „Denn wo ein Aaas ist, da sammeln sich die Geyer.“

Durch diese Concurrenz der Lebensthätigkeit thierischer Wesen wird der ganze Auflösungsprocess des Cadavers erheblich abgekürzt und vereinfacht; Gewebe und Organe, zu deren Zerstörung die Fäulniss Monate und Jahre gebrauchen würde, sehen wir hier oft schon in wenigen Wochen vom Schauplatz verschwinden. Auf diese Weise erklärt es sich auch, dass wir verhältnissmässig selten faulende Thierleichen in der Natur antreffen, trotzdem doch alljährlich ganze

Generationen zu Grunde gehen und der Fäulniss verfallen. Die lebende, raubgierige, grosse und kleine Mitwelt sorgt eben für ihre baldige Vernichtung.

Einen aussergewöhnlichen Fall von Zerstörung der Leichen „durch Insektenfrass“ hat vor Kurzem Kapff (Württemberg. Correspondenzbl., 1876, No. 26) mitgetheilt. Eine Erhängte, welche 12 Tage nach ihrem Tode im Walde aufgefunden wurde und mit ihren Knieen den Erdboden berührte, war buchstäblich über den grössten Theil ihres Körpers bis auf die Skeletttheile zerfressen. Der Rumpf und die Extremitäten waren ihrer Weichtheile (Haut, Muskeln, Zellgewebe, Eingeweide) fast gänzlich beraubt; die Rippen und Beckenknochen schimmerten nackt, und die Oberschenkel lösten sich beim Aufheben der Leiche freiwillig aus ihren Gelenken. Am Kopf zeigte sich die Haut mumificirt. Nur Zunge, Kehlkopf und Luftröhre waren noch von erkennbarer Structur. — Als Ursache dieser excessiven Zerstörung fand sich auf dem ganzen Körper ein dichtes Heer von Fleischfliegenlarven, deren Gewimmel, wie Verf. angiebt, ein „hörbares Geräusch“ verursachte. Todtengräber (eine Bockkäferart) und Ameisen, die gewöhnlichen Gäste von Wald- und Luftleichen, liessen sich, obwohl Spuren ihrer Thätigkeit vorhanden, nicht mehr nachweisen.

Nicht immer jedoch hat die Vernichtung so schnell ihr Ende erreicht, wie in dem eben geschilderten Falle. Oft sieht man unter gewissen äusseren Bedingungen die Fäulniss der Luftleichen weitere Fortschritte machen, noch ehe es zu einer ausgiebigen Zerstörung durch Thiere kommt. Alsdann findet man die Gewebe des Körpers, in unserem Klima bei milder Jahreszeit nach etwa 4—6 Wochen, in regelrechter putrider Erweichung. Der Leichnam hat um diese Zeit eine dunkel schmutziggrüne (nach Casper „froschgrüne“) oder braunschwarze Farbe angenommen und verbreitet einen intensiven Fäulnissgeruch. Brust- und Bauchhöhle sind durch die lebhafte Gasentwickelung gesprengt und zeigen weite Einrisse; alle Organe erweichen und zerfliessen allmälig zu einem schmutzig braunrothen, schmierigen Brei. Die Formen des Körpers, sowie auch die Umrisse der einzelnen Organe, gehen dabei vollständig verloren. Auch die histologische Structur ist oft nur noch mit Mühe zu erkennen; die Cohärenz der Theile und der natürliche Zusammenhang lockert sich dabei immer mehr, und schliesslich umgiebt das knöcherne Skelett eine schmierige, halb sulzige Masse,

welche allmälig vom Erdboden aufgesogen wird. Die Reihenfolge, in welcher die Organe und Gewebe dieser putriden Colliquation unterliegen, ist natürlich sehr verschieden und wahrscheinlich abhängig theis von der ursprünglichen Festigkeit des Gewebes, theils von dem Wassergehalt desselben.

Nach den langjährigen Erfahrungen Casper's[1]) werden von den inneren Organen am frühesten Luftröhre und Kehlkopf, das kindliche Gehirn, der Magen und Darmkanal, ferner Milz, Gekröse, Leber und das Gehirn der Erwachsenen ergriffen; erst später zerfallen das Herz mit dem Herzbeutel, die Lungen, Nieren und Harnblase, die Speiseröhre, das Pankreas, das Zwerchfell, die grösseren Gefässe und auffallender Weise zu allerletzt der Uterus. Casper hat in seinem Handbuche mehrere sehr schlagende Beobachtungen angeführt, welche die ausserordentliche Resistenz der zuletzt genannten Organe, insbesondere des Uterus, gegen faulige Erweichung erweisen. Der morphologische Gang der Zersetzung ist bei allen Geweben im Grossen und Ganzen übereinstimmend; stets charakterisirt sich dieselbe durch schmutzig röthliche oder graugrüne Verfärbung, breiige oder sulzige Erweichung und vollständige Verflüssigung der Gewebe, unter Entbindung stark übelriechender Gase. Die Zeit bis zur vollständigen Auflösung giebt Casper für die letztgenannten Organe auf 4—6 Monate und länger an; doch wird selbstverständlich der zeitliche Verlauf der Fäulniss durch verschiedene meteorologische Einflüsse, insbesondere die Temperatur, durch die Feuchtigkeit der umgebenden Luft und die Häufigkeit der atmosphärischen Niederschläge erheblich modificirt. Veränderungen, welche im Winter unseres Klimas innerhalb vieler Monate sich vollziehen, können im Sommer und zumal in nasser Jahreszeit schon in wenigen Wochen ablaufen. —

Nicht immer haben Leichen, welche an freier Luft sich selbst überlassen bleiben, das Schicksal, durch Fäulniss unter der Mitwirkung von Organismen physikalisch und chemisch aufgelöst zu werden. Unter gewissen, noch nicht näher bekannten Umständen erleiden dieselben eine eigenthümliche Art der Umwandlung, welche von der Fäulniss grundverschieden ist und in ihrem Endeffect gerade das Gegentheil von derselben bewirkt, nämlich die Conser-

---

[1]) Casper: Praktisches Handbuch der gerichtlichen Medicin. Berlin, 1864, Bd. II, S. 50—62.



virung des Leichnams für eine unbegrenzte Zeit. Man bezeichnet diesen Process als **Mumisirung** oder **Mumification**. Die Bezeichnung ist von der bekannten volksthümlichen alten Sitte der Egypter hergenommen, ihre Leichen durch Einbalsamiren mit gerbstoffhaltigen, balsamischen und harzigen Mitteln vor der Fäulniss zu schützen. Der Leichnam wurde dabei in eine trockene, feste, zerbrechliche Masse verwandelt, bei welcher die äusseren Formen des Körpers, sogar die Gesichtszüge vollkommen wohl erhalten bleiben. Solche „Mumien" mit dem ehrwürdigen Alter von Jahrtausenden werden bekanntlich noch heute in grosser Zahl in den ausgedehnten Nekropolen und Todtenfeldern von Memphis, Abydos und Theben gefunden, woselbst sie in tief in das Gebirge eingehauenen, zum Theil grossartigen unterirdischen Hallen ruhen und, ein unvergängliches Geschlecht, der Fäulniss trotzen.

Diese Veränderung, wobei der Leichnam also in eine trockene, unveränderliche Masse mit wohlerhaltener Form umgewandelt wird, tritt nun auch spontan ein. Der ganze Process scheint im wesentlichen auf einer langsamen Wasserverdunstung und Vertrocknung der Gewebe zu beruhen, welche auf der Oberfläche beginnt und allmälig nach innen zu fortschreitet. Ob dabei eine Zerstörung der Epidermis erforderlich ist, oder ob eine solche Schrumpfung auch bei völlig unversehrter Haut zu Stande kommt, ist nicht sicher bekannt. Man weiss nur, dass dieses Verdorren der Leichname am häufigsten vorkommt in luftigen, zugigen Hallen oder Gewölben, in welchen der Körper der beständigen Einwirkung der wasserärmeren atmosphärischen Luft ausgesetzt und gleichzeitig vor Durchnässung durch atmosphärische Niederschläge geschützt ist. Die Haut solcher Mumien nimmt dabei gewöhnlich durch Imbibition mit dem aufgelösten Blutfarbstoff eine rothbraune, rostähnliche Farbe an, wird pergamentartig trocken und liegt sammt den übrigen verdorrten Weichtheilen dem Knochen fest an. Die Gewebe werden insgesammt hart und brüchig; die Form der einzelnen Körpertheile, selbst die Züge des Gesichts, bleiben dabei im Grossen und Ganzen ziemlich gut erhalten. Der Geruch solcher mumificirten Leichname ist eigenthümlich ranzig, oft käseartig, aber nicht eigentlich faul. Nimmt man eine solche Mumie auseinander, so findet man entweder Brust- und Bauchhöhle in Folge Schrumpfung der Eingeweide grösstentheils leer, oder die inneren

Organe in eine schwarzbraune, trockene und unkenntliche Masse verwandelt.

Diese „Mumien“ werden an vielen Orten als Merkwürdigkeit aufbewahrt, so in verschiedenen Orten unserer Mark Brandenburg, im Bleikeller der Domkirche zu Bremen, in dem Kloster auf dem grossen Bernhardsberge, in dem Kapuzinerkloster bei Palermo in Sicilien und anderwärts. Auf den Stuttgarter Kirchhöfen (Rieke)[1] und in verschiedenen Oertlichkeiten Piemonts (Demaria)[2] soll die Mumification der Leichen häufiger vorkommen. Ebenso wird erzählt, dass die Leichen verschütteter Karavanen in den Sandwüsten Arabiens und Afrikas, welche lange Zeit in dem heissen, austrocknenden Sande gelegen haben, unter dem Einfluss der tropischen Sonne verdorrt und mumificirt sind. Es scheinen hiernach also alle Einflüsse, welche dem Leichnam continuirlich Wasser entziehen, ohne ihm neues wieder zuzuführen, den Eintritt der Mumification zu begünstigen. Merkwürdig und forensisch beachtenswerth ist das Mumificiren der Leichname nach Arsenikvergiftung; auch durch künstliche Einspritzung von Arsenik kann man dasselbe erreichen[3]).

Auch pathologisch kommt die Mumification an einzelnen Theilen des lebenden Körpers vor.

Man sieht die Mumification in ausgeprägter Weise beim sogen. „trockenen Brande“ (Gangraena senilis) der Weichtheile. Wenn an peripherischen Theilen des Körpers, namentlich an den Extremitäten, durch irgend welche Ursache (Embolie, Compression) Störungen der Circulation in diesen Theilen eintreten, so erfolgt hier häufig in Folge mangelhafter oder gänzlich aufgehobener Ernährung ein Absterben dieser Theile, welches nun entweder gewöhnliche Fäulniss dieser Theile oder aber, und zwar ganz besonders bei alten und marastischen Leuten, Mumification derselben zur Folge hat. Alle flüssigen Bestandtheile des mortificirten

---

[1]) Rieke: Ueher den Einfluss der Verwesungsdünste etc. Stuttgart, 1848.

[2]) Demaria bei Casper, a. a. O. Bd. II, S. 49, Anm.

[3]) Arsenikpräparate werden in manchen Gegenden auch zum Gerben der Felle benutzt, vermuthlich ebenfalls wegen ihrer austrocknenden Eigenschaften. Mit dieser Beschäftigung mag es wohl zusammenhängen, dass, wie der Todtengräber im „Hamlet“ (V. Aufz. 1. Sc.) sagt, „ein Lohgerber neun Jahre“ zum Verfaulen in der Erde braucht; „sein Gewerbe gerbt ihm das Fell so, dass es eine lange Zeit das Wasser abhält, und das Wasser richtet so 'ne Blitzleiche verteufelt schnell zu Grunde.“

Organs werden resobirt oder gehen durch Verdunstung verloren; neue ernährende oder flüssige Stoffe können wegen Herzschwäche oder arteriellen Verschlusses nicht zugeführt werden, und so schrumpfen denn die abgestorbenen Zehen oder Füsse allmälig zu einer trockenen, selbst harten und bräunlich bis schwärzlich verfärbten Masse, welche gewöhnlich die äussere Form des Organs noch erkennen lässt. Auch die feineren histologischen Veränderungen der Gewebe pflegen in solchen mumificirten Theilen nur gering zu sein.

In diesem Zustande können sich die vertrockneten Theile lange Zeit unverändert halten, wofern dieselben vor erneuter Durchfeuchtung geschützt sind. Wir benutzen daher diese Veränderung absichtlich, um anatomische Präparate, Thierleichen und Bälge in zoologischen Museen zu conserviren. Die jedem Arzt bekannten „Trockenpräparate“ der anatomischen Sammlungen sind nichts Anderes, als mumificirte Theile von Leichen, welche in Fäulniss übergegangen sein würden, wenn sie ihres Wassers nicht beraubt worden wären.

In dieselbe Kategorie von Veränderungen gehört auch die Mumificirung abgestorbener, extrauteriner Leibesfrüchte bei der Bauchhöhlenschwangerschaft, Tubenschwangerschaft u. s. w. Der Fötus stirbt hier zu einer gewissen Periode der Entwickelung ab, verliert durch Resorption sein Wasser und kann sich so Jahre lang bei völlig unveränderter Form und Structur als vertrocknete, eingekapselte Mumie im Mutterleibe erhalten. Häufig ist mit dieser Mumification noch eine Ablagerung von Kalksalzen in den Geweben verbunden, wodurch ihre Consistenz und ihre Widerstandsfähigkeit gegen Fäulniss wesentlich erhöht wird. Man bezeichnet alsdann eine solche Veränderung — die ja auch anderweitig in der Natur und oft in grossem Maassstabe vorkommt, z. B. bei der Kreide- und Gesteinbildung durch verkalkte oder verkieselte Infusorien, Algen und andere niederen Geschöpfe — als Verkalkung oder Versteinerung (Petrification) und die so veränderten Leibesfrüchte als Steinfrüchte (Lithopädien)[1]. Auch bei

[1]) Dies Erhaltenbleiben der Form und Structur hat früher vielfach zu der irrthümlichen Ansicht Anlass gegeben, dass das Lithopädion nicht todt wäre, sondern noch eine gewisse Lebensfähigkeit bewahre. So sagte z. B. Meckel: „Es lebt, aber wahrscheinlich nur das niedrigste Leben, das Leben des Eies und Samenkornes, das sich nur durch Nichtverderbniss unter Umständen,

unseren Eingeweidewürmern, z. B. dem Cysticercus, dem Echinococcus und der Trichine, wird eine Mumification und Petrification nicht selten beobachtet; sie gilt hier als eine Art Heilungsvorgang, durch welchen der Parasit dem Organismus dauernd unschädlich gemacht wird. —

Ganz anders gestaltet sich der Process der Auflösung, wenn bei genügendem Wasservorrath die Fäulniss regulär fortschreitet. Eine solche Auflösung kann man beobachten bei der Fäulniss der Leichen im Wasser (Ertrunkene), bei den wässerigen Aufgüssen todter Gewebe, wie wir sie zu Versuchszwecken herstellen, und ganz besonders bei der Fäulniss abgestorbener Weichtheile des lebenden Körpers, dem sogen. feuchten Brande (Gangraena humida). Ein solches Brandigwerden lebender Körpertheile kommt — wie aus der Pathologie bekannt — zu Stande durch heftige Quetschungen, durch Verhinderung der Blutzufuhr (Umschnürung eines Gliedes, Compression durch feste Verbände, Embolie), durch Erfrieren u. s. w. und bildet daher ziemlich häufig den Gegenstand ärztlichen Handelns. Was hier die Fäulniss chemisch wie physikalisch in so vollendeter Form hervortreten lässt, ist ausser dem Reichthum an Wasser namentlich das Vorhandensein einer der Fäulniss günstigen Temperatur; die Eigenwärme des Körpers, bei diesen Processen nicht selten gesteigert auf Fieberhöhe (38—40° C.), erweist sich der Fäulniss ausserordentlich förderlich. Mechanischer Zerfall und Verflüssigung der Gewebe gehen hier daher gleichmässig Hand in Hand.

Das erste Zeichen fauliger Veränderung an den abgestorbenen Weichtheilen ist das Auftreten einer bläulichen, immer intensiver werdenden und zuletzt braunschwarzen bis kohlschwarzen Verfärbung der Haut. Das schwarze Colorit, welches auch hier von aufgelöstem und verändertem Blutfarbstoff herrührt, wird nach kurzer Zeit so intensiv, dass der abgestorbene Theil in der That wie verkohlt aussieht, was eben zu der Bezeichnung „Brand“ geführt hat. Beim Betasten solcher brandigen Theile fühlt man, dass die unter der Haut befindlichen Gewebe viel weicher geworden sind und ihre Elasticität verloren haben, so dass Fingereindrücke Gruben hinterlassen. Entfernt man die schwarze, zerreissliche Haut, so sieht

---

welche dieselbe begünstigen, offenbart.“ (Handbuch d. pathol. Anatomie, II, 1816, S. 17.)



man die darunter liegenden Weichgebilde fast gleichmässig braun bis schwarz verfärbt, die Umrisse der Muskeln und Sehnen verwaschen, Alles von diffundirtem Blutwasser durchtränkt und verquollen, und Bindegewebe wie Muskeln weich und brüchig.

Hat der Process schon mehrere Tage bestanden, so kann man Theile des morschen Bindegewebes und der Muskeln sehr leicht mit der Pincette in Form von Fetzen aufheben, was ihre Entfernung vom lebenden Körper erleichtert. Gleichzeitig sammelt sich die immer reichlicher gewordene, braunschwarze Flüssigkeit in den Lücken und Spalten des Gewebes, sowie auf der Oberfläche an, so dass sie abtropft, und verbreitet, wenn nicht desodorirende Agentien angewandt worden sind, einen mehr oder weniger lebhaften Gestank von Schwefelwasserstoff. Weiterhin verlieren die einzelnen Gewebe auch ihre äussere Form und ihren inneren Zusammenhang; sie lösen sich in grössere Fetzen und in kleinere Fragmente auf, welche, mit der Flüssigkeit vermischt, einen mehr oder weniger schmierigen Brei (Brandbrei, Pulpa gangraenosa) geben. Schliesslich schmelzen die festen Bestandtheile dieses Breies immer weiter ein, die drüsigen und muskulösen Theile schneller, als die bindegewebigen, und als das Endresultat erhält man zuletzt eine schmutzig bräunliche, mit grösseren oder kleineren Gewebstrümmern durchsetzte, furchtbar stinkende Flüssigkeit, welche Brandjauche (Sanies gangraenosa) genannt wird. Diese bei allen Mortificationen der Weichtheile mit nachfolgender Fäulniss als das Resultat der Zersetzung auftretende und alle Producte derselben in sich vereinigende Flüssigkeit ist es, welche in unmittelbarer Berührung mit den gesunden Theilen des lebenden Körpers, von nachbarlichen Lymph- und Blutgefässen aufgesogen, die ganze Reihe derjenigen accidentellen Krankheitsprocesse hervorruft, welche man als septische oder putride Infection (Septicämie) zu bezeichnen pflegt. Nicht die faulenden festen Theile selbst, nicht die mortificirten Muskelfibrillen, die zertrümmerten Bindegewebsfetzen, nicht die extravasirten Blutkörperchen oder die Eiterzellen selbst an und für sich werden an der Berührungsstelle des faulenden Gewebes mit dem lebenden in die gesunde Circulation übergeführt, sondern immer nur die kleinsten molekularen Trümmer derselben und vor Allem die in der Flüssigkeit theils schon gelöst vorhandenen Stoffe, theils erst durch die Fäulniss aufgelösten Producte der Zersetzung.

Bei manchen Formen dieser brandigen Zerstörung geht der Chemismus der Fäulniss so lebhaft von Statten, dass die dabei gebildeten stinkenden Gase (C_2O, H_2S, H_3N) nicht Zeit genug haben, durch die Haut zu diffundiren, und sich unter derselben in den Maschen des lockeren Zellgewebes ansammeln. Da solche, durch die Fäulnissgase aufgetriebenen brandigen Theile bei der Berührung das eigenthümlich knisternde Geräusch des sogen. Emphysems wiedergeben, so hat man diese Form der Gangrän den „rauschenden oder emphysematösen Brand" genannt. Derartige, zur fauligen Zersetzung ausserordentlich tendirende Formen der Gangrän werden namentlich bei der Milzbrandkrankheit und manchen infectiösen Entzündungsprocessen bisweilen beobachtet. —

Etwas abweichend von dieser vollendeten Form der Fäulniss feuchter Gewebe gestaltet sich die Fäulniss beerdigter Leichen. Es ist dies einer jener Processe, für welchen man mit Vorliebe im Publikum die früher erörterte Bezeichnung „Verwesung" anwendete; und doch sind, wie leicht einzusehen, gerade in diesem Falle, wo die Leichname von einer 5—6 Fuss dicken Erdschicht bedeckt sind, die Bedingungen für eine Verwesung im Sinne Liebig's (Verbrennung) offenbar so ungünstig, als nur irgend möglich. In der That sind, wie man sich an ausgegrabenen Leichen durch Anblick und Geruch überzeugen kann, die hier ablaufenden Veränderungen nichts anderes als echte Fäulniss, verschieden von der feuchten Fäulniss an der Luft nur durch den relativen Mangel an sauerstoffhaltiger Luft und durch die schnelle Resorption des in den Geweben enthaltenen Wassers durch das umgebende Erdreich.

Man muss hier unterscheiden zwischen Fäulnisszeichen, welche vor der Beerdigung, also innerhalb der ersten 2—3 Tage, wahrgenommen werden, und solchen, welche unter der Erde in der Gruft ablaufen und späteren Perioden der Fäulniss angehören. Die Veränderungen, welche der Leichnam in den ersten Tagen nach dem Tode darbietet, sind, wie bekannt, zunächst die Leichenstarre und das auftreten der Todtenflecke auf der Haut.

Das erstere Phänomen besteht in einem Starrwerden der gesammten Körpermusculatur, welches nach den Untersuchungen von W. Kühne und Brücke durch eine postmortale Gerinnung des Muskeleiweisses, wahrscheinlich in Folge der Bildung von Fleischmilchsäure, bedingt ist. Die Starre beginnt an den Muskeln des Kopfes und Halses, gewöhnlich schon 5—12 Stunden nach erfolgtem

Tode; sie verbreitet sich dann abwärts über die Musculatur des Rumpfes und der Extremitäten und pflegt am 2.—3. Tage in derselben Reihenfolge wieder zu verschwinden. Aus den genannten Untersuchungen erklärt sich auch die bekannte Thatsache, dass Muskeln, welche vor dem Tode stark gearbeitet haben oder krampfhaft contrahirt waren, z. B. beim Tetanus, ferner dass Fleisch gehetzter Thiere, Krieger auf dem Schlachtfelde u. s. w. viel früher starr werden, als ausgeruhte Muskeln; denn nach unserer gegenwärtigen Kenntniss ist auch die Thätigkeit des lebenden Muskels mit der Bildung freier Säure (Fleischmilchsäure) verknüpft. Nach Brown-Séquard steht die Zeit des Eintritts der Leichenstarre und der Fäulniss, sowie die Dauer der beiden Zustände, in unmittelbarer Beziehung zu dem Grade der Muskelthätigkeit vor dem Eintritt des Todes. Alles, was den Muskel ermüdet, beschleunigt die Todtenstarre, verkürzt ferner die Dauer dieses Zustandes und befördert in gleicher Weise den Eintritt der Fäulniss. Umgekehrt haben manche tödtlichen Vergiftungen, wie z. B. mit Kohlenoxydgas und Schwefelwasserstoff, ferner die Septicämie, das Puerperalfieber und andere acute Krankheiten, angeblich auch der Tod durch Blitzschlag, die Wirkung, die Leichenstarre zu verzögern oder gänzlich zu verhindern.

Bis zu diesem Augenblick pflegt jedes weitere Symptom der Fäulniss zu fehlen. Erst mit der Lösung der Starre hebt der Leichengeruch und die Ausbreitung der Todtenflecke an. Beide sind deutliche und untrügliche Zeichen von Fäulniss und mithin auch ein unzweideutiges Kriterium des eingetretenen Todes. Es ist eines der praktisch wichtigsten, aber auch wohl der schwierigsten Probleme, absolut sichere Merkmale zu besitzen, welche uns ermöglichen, im gegebenen Falle Scheintod von wirklichem Tod zu unterscheiden. Noch heute sind die Gerichtsärzte in Fällen, wo es sich um frühe Beerdigung handelt, häufig in Verlegenheit. Grauenhafte, zum Theil wohl erfundene oder übertriebene Mittheilungen haben nicht wenig dazu beigetragen, auch im Publikum die Furcht vor dem Lebendigbegrabenwerden vielfach zu verbreiten. Es ist eine ausserordentlich grosse Zahl von verschiedenen Hülfsmitteln und Merkmalen angegeben, welche sich fast insgesammt auf die Verwerthung biologischer Merkmale (Circulation, Athmung, nervöse Erregbarkeit) stützen. Die Unzuverlässigkeit aller solcher physiologischen Reactionen ist aber deswegen mit Recht

allgemein anerkannt worden, weil sie für gewöhnlich nicht fein und empfindlich genug sind, um die Existenz der oft auf ein Minimum herabgedrückten Lebensfunctionen in schwierigen Fällen von Scheintod (z. B. bei der asphyctischen Cholera) mit Sicherheit nachzuweisen. Meines Erachtens wird man hier nothwendig auf pythologische Kennzeichen zurückgreifen müssen; der Eintritt von Fäulniss in einer Leiche ist in der That ein sicheres und vielleicht auch das einzig sichere Zeichen des eingetretenen Todes. Wenn unsere Diagnose der Fäulniss erst auf jene frühen Stadien der Zersetzung ausgedehnt sein wird, wo macroscopisch und durch den Geruch noch nichts von Zersetzung wahrnehmbar ist, dann wird man auch eine vollkommen befriedigende Lösung jenes wichtigen Problems erwarten dürfen. So lange es uns jedoch an feineren diagnostischen Merkmalen der Fäulniss fehlt, wird man mit der Entscheidung in schwierigen Fällen so lange zurückhalten müssen, bis gröbere Zeichen der Fäulniss, z. B. Todtenflecke und Fäulnissgeruch (Leichengeruch), auftreten.

Der Leichengeruch ist ziemlich charakteristisch; er erinnert einigermassen an den bekannten Geruch des Wildprets, lässt sich jedoch chemisch nicht genau definiren; vielleicht treten hierbei schon H_3N und H_2S auf. Die Todtenflecke präsentiren sich in Form bläulichrother, circumscripter Verfärbungen, welche anfänglich vereinzelt, später diffus auf der Haut des Rückens auftreten und sich allmälig über den ganzen Körper verbreiten Sie beruhen, ähnlich wie die bekannten, nach heftigen Quetschungen auftretenden Verfärbungen (Sugillationen), auf einer Diffusion und Metamorphose des aufgelösten rothen Blutfarbstoffes und gehen später einen ganz ähnlichen Farbenwechsel ein.

Dies sind gewöhnlich die einzigen Fäulnisserscheinungen, welche wir vor der Beerdigung an Leichen wahrnehmen; selten kommt es hier zum Auftreten deutlichen Fäulnissgestankes (H_2S). Die Veränderungen, welche nach Eingrabung von Thier- und Menschenleichen an denselben vor sich gehen, sind uns aus naheliegenden Gründen nur bruchstückweise bekannt; sie sind gewöhnlich an Leichen beobachtet worden, welche verschieden lange Zeit nach der Beerdigung aus gerichtlichen Gründen wieder exhumirt wurden.

Nach Beobachtungen, welche Moser an einigen 40 ausgegrabenen Leichen gemacht hat, tritt die Fäulniss beerdigter Cadaver anfänglich in ganz legaler Weise ein. Die Haut, die binde-

gewebigen, die musculösen und die drüsigen Theile verfärben sich in der bereits angegebenen Weise. Zugleich werden die einzelnen Organe weich und teigig; die bindegewebigen Theile quellen auf und versulzen schliesslich. Blutgerinnsel erweichen wieder, so dass das Blut eine dünnflüssig theerartige Beschaffenheit annimmt. Dabei nehmen die einzelnen Gewebe eine immer mehr gleichmässige, schmutzig bräunliche Färbung an. Auf der Haut des Leichnams sieht man um diese Zeit nicht selten, insbesondere auf den freien Oberflächen, Schimmelpilze vegetiren, welche aus den zerfallenden Geweben ihre Nahrung saugen; am häufigsten sind es die gewöhnlichen weissen oder graublauen Schimmelarten (Penicillium und Aspergillus), doch hat Moser auch gelbe, grüne und seltener röthliche Vegetationen gesehen, von denen es mir jedoch fraglich erscheint, ob es sich hier noch um echte Pilze oder nicht vielmehr um Flechten und farbige Schizomyceten handelt. — Mit zunehmender Colliquation sämmtlicher Weichgebilde verlieren die einzelnen Organe ihre Cohärenz und der Cadaver die scharfe Zeichnung seiner ursprünglichen Körperformen. Jedoch kommt es zu einer vollständigen Verflüssigung, ähnlich wie bei der Gangrän, hier gewöhnlich nicht, da theils durch die pflanzlichen Vegetationen, theils durch das umgebende Erdreich, beständig Wasser dem faulenden Leichnam entzogen wird. Wir sehen daher die Weichtheile nicht, wie bei der regulären feuchten Fäulniss, in Jauche zerfliessen; sondern der Cadaver zerfällt allmälig in eine mehr oder weniger schmierige, zerreissliche braune Masse, in der die ursprünglichen Organe (Gefässe, Nerven, Muskeln) kaum mehr von einander unterschieden werden. Haut, Musculatur und Bindegewebe wandeln sich im weiteren Verlauf der Fäulniss zu einer zunderigen Masse um; sie zerbröckeln mehr und mehr und lösen sich schliesslich in kleine Trümmer und Molekule auf, welche dem Erdreich sich beimischen. — Dieser ganze Auflösungsprocess ist von der regulären Fäulniss nur dadurch verschieden, dass hier der mechanische Zerfall der Gewebe über die Zerflüssigung derselben die Oberhand gewinnt und gegen Ende des Processes das einzig sichtbare Symptom der Auflösung darstellt. Die Fäulniss beerdigter Leichen, welche mit der molekulären Zertrümmerung sämmtlicher weichen Theile und mit deren Uebergang in das Erdreich als beendet angesehen werden kann, geht meist viel schneller vor sich, als die Fäulniss an der Luft und scheint selten länger als mehrere

Wochen bis einige Monate, je nach der Verschiedenheit der umgebenden Bedingungen, zu dauern. Man findet alsdann von dem beerdigten Leichnam nur noch das knöcherne Skelett, höchstens mit einigen knorpeligen und sehnigen Anhängen oder schmierigen Resten der versulzten Weichgebilde. Das alte biblische Wort, dass der „von Erde genommene“ Körper nach dem Tode „wieder zu Erde werden“ solle, wird hier also zur buchstäblichen Wahrheit.

Die Zeit des Eintritts der Leichenfäulniss und des Verlaufs derselben ist im Grossen und Ganzen sehr verschieden. Sie tritt natürlich vor der Beerdigung um so schneller ein, je mehr die äusseren Bedingungen der Fäulniss günstig sind (Wärme, Feuchtigkeit). Man pflegt daher Leichen möglichst an kühlen Orten, in Kellern, Gewölben und Kirchen aufzustellen, um die Zersetzung bis zur Beerdigung hin aufzuhalten. Sehr merkwürdig ist der schnelle Eintritt der Fäulniss in Leichen, welche an infectiösen Krankheiten, z. B. Milzbrand, Typhus, und namentlich an septischen Krankheiten zu Grunde gegangen sind. Man hat zur Erklärung dieses Phänomens gesagt: „Fäulniss erzeugt Fäulniss“. Wenn dieser Satz in seiner Anwendung auf lebende Wesen auch keinenfalls richtig ist, insofern kein lebender Gewebstheil je direct in Fäulniss übergehen kann, so lässt sich doch aus jener Erscheinung der Schluss ziehen, dass die pathologischen Veränderungen, welche hier dem Tode voraufgehen, der fauligen Zersetzung post mortem weit günstigere Bedingungen schaffen, als sie andere Krankheiten oder der gesunde Leichnam bieten. Bei Milzbrand, Pocken und anderen Krankheiten erkennen wir das schnelle Eingreifen der Fäulniss daran, dass Blut und Lymphe ihre specifisch giftigen Eigenschaften, welche sie vor dem Tode besassen, nach dem Tode gewöhnlich sehr bald verlieren.

Einer eigenthümlichen Veränderung der Muskeln, welche in seltenen Fällen an inhumirten Leichen gefunden wird, wollen wir hier noch in Kürze gedenken. Es ist dies eine Umwandlung der eiweissreichen Muskelsubstanz in eine wachsartige, homogene Masse, welche man Fettwachs oder Adipocire genannt hat. Die Muskeln sind dabei in ihrer Form und Grösse noch vollkommen erhalten; nur hat sich das Muskeleiweiss in eine fettartige Substanz umgewandelt, welche mit gewissen festen Fetten (Talg) Aehnlichkeit hat. Diese höchst eigenthümliche Umwandlung wurde zuerst

von Fourcroy[1]) im Jahre 1776 anf dem Kirchhofe „des Innocents“ zu Paris an Leichen gefunden, welche in denselben Gruben massenweise über einander geschichtet waren. Nach einer Angabe von Chevreul, welche auch durch die Beobachtungen anderer Forscher bestätigt ist, soll diese Substanz durch die Einwirkung von Ammoniak auf das thierische Fett entstehen; die Fette werden durch Fäulniss umgewandelt in verschiedene Fettsäuren und durch das gleichzeitig sich bildende Ammoniak verseift. Bei der chemischen Analyse hat man in der Adipocire eine fettähnliche Substanz (Wetherill) und namentlich feste krystallinische Fettsäuren (Quain, Virchow) gefunden, welche letztere die eigenthümlich derbe Consistenz solcher Muskeln bedingen. Die Ursache dieser merkwürdigen Metamorphose der Muskeln ist nicht hinreichend bekannt. Demme giebt an, die Adipocire hauptsächlich in fettigen Theilen angetroffen zu haben, in welchen noch nicht alle Flüssigkeit zu verdunsten vermochte, namentlich in Fällen von Mumification.

Etwas modificirt wird der Fäulnissprocess bei inhumirten Cadavern, wenn dieselben in Särge und namentlich in Metallsärge eingeschlossen werden. Doch liegen hier genauere, über spätere Zeiträume sich erstreckende Beobachtungen meines Wissens nicht vor. Diese Art der Bestattung ist bekanntlich bei den civilisirten Völkern der Gegenwart die übliche. Das einfache Verscharren in der Erde wird fast nur noch bei einigen auf niedriger Culturstufe stehenden Völkerschaften, ferner bei gefallenen Soldaten nach verlustreichen Schlachten und namentlich bei Thiercadavern in Anwendung gebracht. —

Am einfachsten gestaltet sich natürlich in morphologischer Hinsicht der Fäulnissprocess an Geweben und Stoffen, welche an und für sich schon flüssig sind, wie Blut, Milch, Harn, Eiter. Die einzigen Veränderungen, welche hier macroscopisch oder grob sinnlich wahrgenommen werden, sind das Auftreten von Gestank und, wofern es sich um durchsichtige oder durchscheinende Flüssigkeiten handelt, fortschreitende Trübung. Gleichwohl sind die morphologischen Veränderungen, welche in der Flüssigkeit ablaufen, in nichts verschieden von denjenigen, welche an festeren Organen

---

[1]) Fourcroy: Sur les différents états des cadavres dans les fouilles du cimetière des Innocents. Paris, 1776.



sich vollziehen. Der äusserliche Unterschied zwischen beiden ist mehr quantitativer Natur, insofern einestheils die zelligen Elemente in geringerer Anzahl vorhanden und ganz lose mit einander verbunden sind, anderntheils das, was an festen Organen die Fäulniss erst bewirkt, nämlich die Verflüssigung der Intercellularsubstanz, hier schon von Natur gegeben ist. Die Veränderungen, welche die zelligen Gebilde selbst erleiden, sind, wie die histologische Beobachtung lehrt, in festen und flüssigen Geweben vollkommen übereinstimmend.

Was wir im Eingange dieses Capitels als den Grundzug aller morphologischen Fäulnisserscheinungen bezeichneten, nämlich der mechanische Zerfall und die Verflüssigung aller Gewebe, lässt sich nirgends besser verfolgen, als eben an den zelligen Gebilden. Als Muster der an diesen einzeln sich abspielenden feineren Veränderungen können die histologischen Veränderungen bei der feuchten Gangrän oder bei der künstlich erzeugten Fäulniss der Organe in Wasser betrachtet werden.

Von allen Geweben zersetzt sich hierbei am schnellsten das Blut. Die rothen Blutzellen beginnen schon sehr frühzeitig sich zu entfärben, während der in das Serum übergegangene rothe Farbstoff das Blut gleichmässig lackfarben macht und, wie wir schon gesehen hatten, unter Annahme eines dunkleren Colorits die benachbarten Gewebe successive durchtränkt. Das blasse entfärbte Stroma der Blutkörperchen quillt gleichzeitig etwas auf, verliert seine biconcave Form und die scharfe Zeichnung der Contouren; weiterhin werden die Körperchen immer blässer und kleiner, sie lösen sich vom Rande her nach und nach auf und verschwinden schliesslich. Grössere Körperchenaggregate widerstehen bisweilen der Auflösung längere Zeit oder zerfallen zuerst zu kleinen Körnchen, welche sich später auflösen. Dabei bleibt das röthlich gefärbte Serum keineswegs klar, sondern, wenn man hier von accidentellen Gebilden (niederen Organismen) absieht, treten ganz gewöhnlich im Serum, namentlich in alten stagnirenden Extravasaten, zahlreiche braune bis schwarze Körner und Schollen von Pigment auf, die sich bei stärkerer Vergrösserung theils als wirkliche Körnchen, theils als rhomboedrische Krystalle von Haematin und Haematoidin (Blutkrystalle) ausweisen.

Unter den mannigfachen farbigen Formelementen, welche in dem faulenden Blut auftreten, haben insbesondere die zuerst von

Valentin[1]) beobachteten sogen. „Brandkörperchen“ (Corpuscula gangraenosa) eine Zeit lang ein gewisses Interesse für sich in Anspruch genommen. Es sind das runde oder eckige Punkte von schwarzer Farbe, welche beim feuchten Brande der Weichtheile mit grosser Regelmässigkeit und meist in erheblicher Anzahl in der Jauche auftreten. Man hielt sie ursprünglich für eine specifische Erscheinung des feuchten Brandes, ohne über ihre Natur völlig ins Klare zu kommen. Neuere Untersuchungen jedoch von Scherer, Lehmann, Vogel u. A. haben dargethan, dass es sich hier ebenfalls um ein Derivat des Blutfarbstoffes und zwar um ein schwarzes, körniges, seltener krystallinisches Pigment (Melanin) handelt, welches auch bei anderen Krankheiten, z. B. bei der Malariakachexie, im Körper auftritt.

Die Art dieser körnigen und krystallinischen Ausscheidungen im Blut scheint bei den einzelnen Thierarten verschieden zu sein. So wird die Bildung der charakteristischen, rhombischen Haematoidinkrystalle im Blut der Meerschweinchen viel häufiger beobachtet, als bei irgend einer anderen Species. Rinder- und Schweineblut ferner krystallisiren nur schwer, Menschen-, Hunde- und Vögelblut dagegen leicht. Auch die Zeit der Auflösung der Blutzellen durch Fäulniss scheint bei den einzelnen Säugethierfamilien sehr verschieden zu sein; nach den Untersuchungen von Al. Schmidt erfolgt z. B. die Auflösung der Blutkörperchen in Hundeblut schon nach 15 bis 18 Stunden, in Rinderblut dagegen erst nach 8—10 Tagen. Es scheint diese auffallende Verschiedenheit mit einer verschiedenen Consistenz des Stromas der Blutkörperchen zusammenzuhängen.

Bei blutigen Gerinnseln scheint der Modus der Auflösung ein verschiedener zu sein. Bei regulärer Fäulniss der Blutcoagula erfolgt gewöhnlich das, was wir bereits früher für die Fäulniss des Fibrins für sich kennen gelernt hatten, nämlich der Uebergang des unlöslichen, festen Faserstoffes in eine lösliche, peptonartige Modification, womit dann der morphologische Process beendet und die chemische Zerlegung in der angegebenen Weise allein thätig ist.

Meistens dagegen sehen wir den roth gefärbten Faserstoff körnig zerfallen und dann erst in vollständige Lösung übergehen; die Coagula wandeln sich in einen chocoladefarbenen oder schmutzig

---

[1]) Valentin: Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Braunschweig, 1844, S. 696.



gelben, schmierigen Detritus um, welcher microscopisch aus zahllosen Fibrintrümmern, Fettkörnchen, Pigment und Resten zerfallener Blutkörperchen zusammengesetzt ist. Dasselbe Schicksal haben Thromben innerhalb der Gefässe eines Brandherdes; auch sie zerfliessen allmälig in eine dünnflüssige, schmutzig gelbe Jauche.

Virchow hat beim fauligen Zerfall des Faserstoffes noch auf einige auffallende Farbenerscheinungen aufmerksam gemacht, die er regelmässig sowohl beim Blut- als beim Exsudatfaserstoff nach Zusatz von Mineralsäuren angetroffen hat. Ein geringer Zusatz von Salpetersäure zu dem Filtrat solcher Faulstoffe bringt nach einer geringen Trübung eine rosenrothe Färbung hervor, welche sich namentlich in den oberen Schichten der Flüssigkeit deutlich zeigt. Wenn das Filtrat sich wieder klärt, so sieht man gelbliche und röthliche Flocken zu Boden fallen, welche nach Virchow Xanthoproteinsäure darstellen. Die Intensität der Färbung, die Zeit des Eintritts derselben und die Quantität des Niederschlages schwankt, je nach der Menge der im Filtrat enthaltenen Proteinstoffe und nach der Menge der Säure. Virchow macht auf die Aehnlichkeit dieser Erscheinungen mit dem von Mulder entdeckten Erythroprotid aufmerksam [1]). — Nach Zusatz von Schwefelwasserstoff beobachtete Virchow [2]) gelbe und grasgrüne Farbenveränderungen. Demme [3]) erhielt ferner durch Salzsäure öfters gelbliche und bräunliche Niederschläge, welche im Erwärmen einen grünlichen Schimmer zeigten. In Salzsäure fand eine sehr rasche und vollständige Auflösung des Niederschlags statt, bei welcher sich die Masse bläulich färbte. Es kommen übrigens diese Farbenveränderungen, welche ohne Zweifel durch gewisse, dem Eiweiss nahestehende Proteinstoffe bedingt sind, nicht blos beim Zerfall des Faserstoffes, sondern ziemlich allgemein in jeder fauligen Brandjauche zu Stande.

---

[1]) Diese Rosafärbung mit Salpetersäure ist später auch noch an anderen faulenden Stoffen beobachtet werden, so z. B. von Scherer in faulender Caseinlösung, von Iljenko und Bopp in faulenden Eiweisskörpern; dem letzteren Forscher gelang es sogar, aus solchen Faulstoflen einen krystallinischen, flüchtigen Körper abzuscheiden, welcher diese Farbenveränderungen durch Mineralsäuren in ausgeprägter Weise darbot und übrigens penetranten Fäulnissgeruch besass. (Canstatt's Jahresber., 1846, S. 100 und 1849, S. 16.)

[2]) R. Virchow: Ueber den Zerfall des Faserstoffs. Zeitschr. f. rat. Medicin, 1846, S. 226. Auch: Gesammelte Aufsätze, S. 95.

[3]) H. Demme: Ueber die Veränderungen der Gewebe durch Brand. Frankfurt a. M., 1857, S. 64.

Man kann noch eine dritte Art der Umwandlung des ausgeschiedenen Faserstoffes unterscheiden, von der es jedoch zweifelhaft erscheint, ob man sie den Fäulnissprocessen zurechnen darf, obwohl die morphologischen Veränderungen eine grosse Uebereinstimmung mit diesen zeigen. Es ist dies die Erweichung krankhafter fibrinöser Ausschwitzungen auf der Oberfläche entzündeter Gewebe (Croup) und die puriforme Schmelzung der Thromben innerhalb der Gefässe.

Bei der ersteren sieht man die homogenen, feinen, zu dichtem Netz verbundenen Fädchen des Fibrins fein granulirt werden; es treten allmälig immer deutlicher werdende, hellglänzende Körnchen auf von annähernd gleichmässigen Dimensionen, die, von einer schleimigen Flüssigkeit umspült, zu einer Art Emulsion zusammenfliessen. Diese kleinen, fettartig glänzenden Körnchen, die möglicherweise auch fettiger Natur sind, zeigen bei microscopischer Betrachtung sehr häufig Molekularbewegung und sind daher vielfach von ungeübten Beobachtern mit Micrococcen verwechselt worden. — Bei der Erweichung der Thromben zerfällt die compacte fibrinöse Masse in zahlreiche, ganz unregelmässig gestaltete und verschieden grosse Trümmer, von gröberen, höckerigen Bröckeln bis hinab zu kleinsten Körnchen, die in einer schleimigen Zwischenflüssigkeit suspendirt sind und dadurch dem Schmelzproduct eine rahmartige, eiterähnliche (puriforme) Beschaffenheit geben. Auch hier endet der Erweichungsprocess mit der vollständigen Verflüssigung der Molekule, welche dann vom Organismus in die Circulation aufgenommen werden.

Ein ähnliches Schicksal, wie die farbigen Blutkörperchen, haben die farblosen, lymphoiden Elemente, also die farblosen Blut- und Lymphkörperchen, ferner die Schleimkörperchen, die Wanderzellen des Bindegewebes und viele junge epitheliale Gebilde. In den meisten Fällen scheint der Zertrümmerung derselben eine Art von Gerinnung des Zelleninhalts voraufzugehen. Das Protoplasma derselben wird trübe, weniger durchsichtig und nimmt häufig eine unregelmässige Begrenzung der Ränder an; die ursprünglichen hellen Kerne erscheinen meist verschleiert oder ganz verdeckt. Weiterhin treten dann kleine, immer zahlreicher werdende, verschieden grosse Körperchen im Protoplasma auf, das gleichzeitig wieder zu erweichen beginnt, sodass die Körnchen Molekularbewegung annehmen. Der Contur der Zelle erblasst immer mehr und geht

schliesslich ganz verloren; auch der ziemlich resistente Zellenkern verschwindet langsam. Schliesslich werden die Zerfallskörperchen im Innern der Zelle frei, um dann später gleichfalls aufgelöst zu werden. — Manchmal wird das Protoplasma der Lymphzelle mannigfach zerklüftet und geht erst in eine Anzahl gröberer Trümmer über, die dann durch weiteren Zerfall zu Grunde gehen; dies sieht man z. B. häufig an den Zellen in den oberflächlichen Schichten des Eiters oder in Eiterherden, die durch Wasseraufsaugung consistenter geworden sind. Offenbar hat auf diese verschiedenen Formen der Auflösung der grössere oder geringere Gehalt an Wasser einen bestimmenden Einfluss.

Fast genau demselben Schema des Unterganges sind alle ähnlichen protoplasmatischen und zelligen Gebilde unterworfen, insbesondere die verschiedenen Epithelien, die zelligen Elemente der Bindesubstanzen und die mannigfachen Drüsenzellen. Aeltere und hornartige Epithelialgebilde, wie z. B. die Plattenepithelien der Digestionsschleimhaut und der äusseren Haut, sieht man ziemlich lange in Faulflüssigkeiten von unversehrtem Aeusseren; junge Epithelialzellen dagegen, namentlich diejenigen der secernirenden Drüsen, werden relativ schnell durch Fäulniss zerstört. Es sind diese Verschiedenheiten, wie bei allen Geweben des thierischen Körpers, bedingt durch die verschiedenen Grade der Löslichkeit der gewebsbildenden oder zellenleibbildenden chemischen Verbindungen. Auch hier wird der faulige Zerfall wahrscheinlich meistentheils durch eine Art Gerinnung des flüssigen Zelleninhalts eingeleitet, erkennbar durch das trübe, oft fein granulirte Aussehen, welches die Zellen annehmen. Alsdann folgt wiederum der molekulare Zerfall der Zellen und die allmälige Verflüssigung der Molekule und Trümmer; der Kern pflegt bei dieser Auflösung schon sehr früh dem Auge zu verschwinden.

Auch bei den Muskeln geht, wie wir bereits früher gesehen haben, der eigentlichen Fäulniss eine Art Gerinnung des flüssigen Muskelinhalts (Myosin, Kühne) vorauf. Es bedingt diese Gerinnung das bekannte Phänomen der Leichenstarre der Muskeln. Dies Festwerden der Muskelfibrillen tritt gewöhnlich schon nach 5—10, selten erst nach 14 Stunden ein, und nach 24 Stunden (in warmer Temperatur schon früher) wird der geronnene Inhalt wieder weich und flüssig, während gleichzeitig der Muskel seine frischrothe Farbe verliert. Microscopisch

erscheinen die einzelnen Fibrillen fein granulirt; die charakteristische Querstreifung wird undeutlich und die Kerne verschwinden. Gleichzeitig nimmt der flüssige Inhalt an Menge zu, die contractilen Elemente schrumpfen zu granulirten Klümpchen zusammen, die von dem etwas länger bestehenden Sakolem noch eine Zeit lang zusammengehalten werden. Schliesslich erweicht auch dieses; die einzelnen Fibrillen fliessen in einander, und mit fortschreitender Auflösung und Erweichung des bindegewebigen Gerüstes geht die Muskelmasse in einen bräunlichen, gelatinösen, flüssigen Brei über, in welchem microscopisch noch einzelne Faserzüge mit deutlichen „Sarcous elemens", leere Sarkolemschläuche und unregelmässige Klümpchen des früheren Inhalts wahrgenommen werden. Merkwürdig ist, dass hierbei der faulige Zerfall der histologischen Structur des Muskels fast gar nicht entspricht, insofern fast niemals hierbei eine Auflösung der Muskelfasern in „Discs" beobachtet wird. Diese Art der Zerstörung, die wir bekanntlich künstlich durch chemische Agentien so leicht darstellen können, hat Rindfleisch[1]) bei der Fäulniss nur zweimal, und zwar nach Frostgangrän, zu Stande kommen sehen.

Auch bei dem Muskel ist Mangel oder Reichthum an Wasser für den Gang der morphologischen Erscheinungen entscheidend. Wird kein Wasser dem Muskel durch das umgebende Medium zugeführt und geht der natürliche Gehalt des Muskels an Wasser durch Verdunstung oder Absorption allmälig noch verloren, so tritt natürlich das Bild der Erweichung und Verflüssigung in den Hintergrund. Dies ist der Fall, wenn Muskelfleisch an freier Luft in Fäulniss übergeht, und bei der Fäulniss verscharrter Cadaver. Hier wandelt sich die Muskelsubstanz in einen morschen und leicht zerreisslichen Zunder um, in welchem microscopisch dieselben Bestand theile wie oben wahrgenommen werden, nur in sehr viel dichterer Anordnung. Geht das Wasser zuletzt ganz verloren, so bleibt natürlich nichts weiter übrig als eine trockene, bröcklige, graubraune oder pulverige Masse, die ihre weitere Auflösung erst nach ihrer Vermischung mit dem Erdreich erfährt.

Auch in der glatten Muskelfaser erfolgt nach Heidenhain's Untersuchungen zuerst eine Art Gerinnung. Die Zelle erhält ein

---

[1]) Rindfleisch: Lehrbuch der pathologischen Gewebelehre, Leipzig, 1869, S. 10. — Ebendaselbst ist auch eine ausführliche und gute Beschreibung der histologischen Veränderungen faulender Gewebe gegeben.



staubiges und durch das Auftreten vieler punktförmiger Molekule fast sandiges Aussehen; diese Molekule ordnen sich später zu unregelmässigen Figuren und zu meist quergestellten, hellglänzenden Partikeln an. Die ganze Faser quillt dabei auf und wandelt sich in eine formlose Substanz um, in der die punktförmigen Molekule noch längere Zeit persistiren.

Im Fettgewebe sieht man das Fett in Folge Erweichung des bindegewebigen Gerüstes in Form zahlloser Tropfen aus den Zellen des Panniculus austreten und sich mit der albuminösen Faulflüssigkeit zu einer Art Emulsion vermischen, welche sich oft weithin über den faulenden Leichnam verbreitet. Man findet gar nicht selten in völlig fettfreien Geweben in späteren Stadien der Fäulniss eine grössere oder geringere Anzahl von Fetttröpfchen, die nur mit dem Flüssigkeitsstrome bei abnehmender Cohärenz der Theile dorthin geschwemmt sein können. In fetthaltigen Organen treten dann ganz gewöhnlich noch verschiedene Fettkrystalle auf, unter denen am häufigsten die nadelförmigen, meist zu strahligen Büscheln angeordneten Margarinkrystalle angetroffen werden. Die Fettzellen platten sich dabei mehr oder minder ab, werden unregelmässig in der Form und erscheinen theils durch eingelagerte Fettkrystalle, theils durch abgelagerte Pigmentkörner oft braunschwarz gefärbt und vollständig undurchsichtig. Alle diese Erscheinungen sind natürlich an dem Fettgewebe κατ' ἐξοχήν, an dem Panniculus adiposus, stets am deutlichsten ausgeprägt.

Von den Nervenfasern wissen wir nur, dass gewöhnlich bald nach dem Absterben verschieden grosse, hellglänzende Tropfen, die sogen. Myelintropfen (Virchow), und in späteren Stadien Fetttropfen auftreten, welche der Faser ein eigenthümlich welliges und ausgebuchtetes Aussehen verleihen („gekräuselt von Rauchwolken", Rindfleisch). Der Achsencylinder wird dabei, wahrscheinlich in Folge einer Art Gerinnung, körnig und trübe und vermischt sich schliesslich mit dem öligen Nervenmark zu einer mehr oder weniger emulsiven, von zahlreichen Körnchen durchsetzten Flüssigkeit. Mit der Auflösung des Neurilems und der Nervenscheiden geht dann natürlich diese Masse in die Alles umfassende Faulflüssigkeit (Jauche, sanies) über. Feine Nervenfasern unterliegen diesen Veränderungen sehr schnell, während dickere Nervenstämme verhältnissmässig lange zu persistiren pflegen.

Das Schicksal der Gefässe ist uns im Einzelnen nicht bekannt.

Doch dürften ohne Zweifel die hier ablaufenden Veränderungen der einzelnen Häute genau mit denjenigen übereinstimmen, welche an den einzelnen constituirenden Elementen (glatten Muskelfasern, Bindegewebe, elastischen Fasern, Endothelien) in anderen Geweben beobachtet worden sind.

Die bindegewebigen Gebilde pflegen der Auflösung weit länger zu widerstehen, als die drüsigen und parenchymatösen Theile. Dies zeigt sich an den einzelnen Organen in dem längeren Erhaltenbleiben des Bindesubstanzgerüstes (Neurilem, Sarkolem, Stützsubstanz der Drüsen), während die eigentlich constituirenden Elemente längst zu Grunde gegangen sind. Die Art der Zerstörung dieser bindegewebigen Gebilde lässt sich am besten studiren an der Fäulniss des lockeren Bindegewebes. Wenn man Bindegewebe ins Wasser wirft, so sieht man, wie dasselbe nach einiger Zeit trübe wird und eine schmutzig graue Farbe annimmt. Gleichzeitig quillt dasselbe zu einer weichen, allmälig immer schleimiger werdenden, formlosen Masse auf, welche klebrige und leimartige Beschaffenheit hat und sich ähnlich derjenigen Masse verhält, die man künstlich durch Kochen aus dem Bindegewebe erhält (Leim). Mit der Umwandlung in diese leimartige Substanz ist dann die Bedingung zur Lösung derselben gegeben; diese Lösung beginnt vom Rande her und schreitet centripetal langsam fort.

Diese Colliquation betrifft alle rein bindegewebigen Theile ziemlich gleichmässig; nur die in das Bindegewebe eingestreuten elastischen Fasern und Fasernetze widerstehen derselben ausserordentlich hartnäckig. In charakteristischer Weise macht sich diese Persistenz bemerklich in den faulenden Bindegewebsmassen, welche bei der Lungengangrän (Lungenbrand) von dem Kranken mit dem Auswurf ausgehustet werden. Bei der microscopischen Untersuchung dieser grauschwarzen, aashaft stinkenden Fetzen erkennt man die elastischen Fasern neben anderen Formelementen als zarte, glänzende, mehr oder weniger geschlängelte Fäden, die noch kein Zeichen irgend einer fauligen Veränderung zeigen. Es hat dieser Befund in der klinischen Medicin bekanntlich diagnostische Wichtigkeit erlangt, insofern derselbe mit ziemlich grosser Sicherheit darauf hinweist, dass bei der zu Grunde liegenden Krankheit der Lunge ein Absterben gewisser Gewebsabschnitte in toto (Brand) stattgefunden hat; er dient daher zur Unterscheidung des Lungenbrandes von anderen putriden Processen

der Luftwege (Lungenabscess und putrider Bronchitis), welche klinisch ganz ähnliche Symptome darbieten, aber keine Bestandtheile des Lungengewebes in dem stinkenden Auswurf enthalten.

Diese Resistenz gegen faulige Erweichung theilen die elastischen Fasern mit den chemisch sehr nahestehenden Elementen der Sehne und des Knorpels. Bei der Fäulniss der Sehne erweicht immer zuerst die zwischen den Bündeln gelagerte Kittsubstanz; in Folge davon lockern sich die Faserbündel und zerfasern, im Gegensatz zu den Muskeln, im Sinne ihrer histologischen Zusammensetzung. Die Sehne zerfällt dabei in eine Anzahl lockerer, paralleler Fibrillen und „wird zu einer feinzottigen Masse, welche sich zur normalen Structur wie ausgekämmter Hanf zu einem gut gedrehten Strick verhält" (Rindfleisch). Späterhin zerfallen auch die Fibrillen in körnige Streifen und kleine Molekule, die sich zuletzt in der Flüssigkeit auflösen. — Bei der Fäulniss des Knorpels findet eine solche Zerklüftung gewöhnlich nicht statt; dieselbe verläuft vielmehr, ähnlich der des formlosen Bindegewebes, unter dem Bilde einer peripherischen Einschmelzung, welche nur durch ihre ausserordentliche Langsamkeit ausgezeichnet ist. Die bei der Einschmelzung nicht selten auftretende röthliche Verfärbung des Knorpels rührt wahrscheinlich von einer Imbibition mit gelöstem Blutfarbstoff her. Microscopisch sieht man die Intercellularsubstanz körnig und trübe werden und nach längerem Verlauf gewöhnlich etwas gequollen; nicht selten treten dabei in den Knorpelhöhlen Fetttröpfchen auf, die wahrscheinlich durch chemische Metamorphose aus den Knorpelzellen entstanden sind. Sonst bietet die Fäulniss des Knorpels nichts Charakteristisches.

Unauflöslich durch Fäulniss ist von allen Geweben des thierischen Körpers nur der Knochen. Die demselben anhängenden Weichgebilde, das Periost, die Epiphysenknorpel, das Knochenmark, die Gefässe und Nerven unterliegen natürlich der Fäulniss eben so schnell und in derselben Weise, wie an anderen Körpertheilen; das Gewebe des Knochens dagegen bleibt gegen alle zersetzenden Einflüsse völlig intact und kann, wie die paläontologischen Befunde lehren, noch nach Jahrtausenden in vollkommen wohlerhaltener äusserer Form und mit völlig normaler innerer Textur aufgefunden werden [1]). Schon Haller hat behauptet, aus zweitausendjährigen Knochen

---

[1]) Aeby hat in neuerer Zeit die interessante Mittheilung gemacht, dass,



noch Gelatine gewonnen zu haben, und Orfila konnte aus sechshundert Jahre alten Knochen durch Maceriren und Kochen noch 27 pCt. Knochenleim gewinnen. Ebenso erzählt Casper[1]), bei den Ausgrabungen in Pompeji die Ulna eines Erwachsenen angetroffen zu haben, die fast 1800 Jahre in der Asche der verschütteten Stadt gelegen hatte und so vortrefflich erhalten war, dass man daran anatomische Demonstrationen machen konnte. —

Bei allen den bisher geschilderten morphologischen Veränderungen wird constant noch eine andere Begleiterscheinung beobachtet, welche für die Histologie der Fäulniss gerade so charakteristisch ist, wie der mechanische Zerfall und die Verflüssigung der Gewebe. Diese Erscheinung nimmt aber in der Morphologie deswegen eine ganz exceptionelle Stellung ein, weil die Gebilde mit den Bestandtheilen des faulenden Gewebes selbst eigentlich gar nichts gemein haben, auch nicht aus demselben entstehen und überhaupt chemisch wie morphologisch von den thierischen Grundstoffen ganz verschieden sind.

Dieses Phänomen besteht in dem Auftreten **kleinster pflanzlicher Organismen,** welche vom ersten Moment der Zersetzung an in der faulenden Substanz sichtbar werden und sich Schritt vor Schritt in derselben weiter entwickeln.

Sie werden in vollkommener Reinheit und ganz typischer Form in solchen Fäulnissobjecten beobachtet, welche an und für sich gar keine morphologischen Elemente enthalten, sondern klare, vollkommene Flüssigkeiten darstellen, wie z. B. der Harn, das Blutserum, Eiweisslösungen u. dergl., und hier gewöhnlich schon macroscopisch erkannt. Man sieht solche Flüssigkeiten innerhalb der ersten Tage, oft schon nach 10—15 Stunden, deutlich trübe werden. In den oberen Schichten zeigt sich eine feine, gleichmässige, lichtgraue Opalescenz, welche allmälig bis in die unteren Schichten fortschreitet. Schon nach 2—3 Tagen ist die ganze Flüssigkeit gleichmässig rauchig oder nebelartig getrübt.

---

während der in seiner Form erhaltene Knochen selbst unter den günstigsten Bedingungen nicht in Fäulniss übergeht, gepulverte Knochensubstanz dagegen relativ schnell der Fäulniss unterliegt, wenn sie mit Wasser behandelt wird. Das Ausschlaggebende hierbei scheint die Quellungsfähigkeit des bindegewebigen Gerüstes zu sein, welche beim unversehrten Knochen gehemmt ist. (Centralbl. f. d. med. Wissensch., 1871, No. 14.)

[1]) J. L. Casper: Praktisches Handbuch der gerichtl. Medicin, 4. Aufl., Bd. II, S. 77.

Am Boden setzen sich dichte wolkige oder staubförmige Schichten ab, während die Oberfläche ein zartes, im reflectirten Licht farbenschillerndes Häutchen (Pilzhaut, Kahmhaut, Bacterienhäutchen) überzieht.

Auch in festeren Faulstoffen lassen sich die Organismen nachweisen. In der That wird kein faulender Gewebstheil in der Natur angetroffen, in dem wir nicht schon vom ersten Beginn der Zersetzung an diese kleinsten pflanzlichen Geschöpfe mit allen Zeichen des Lebens und der Vermehrung wiederfinden. Ja, diese microscopische Vegetation ist für das Auftreten fauliger Zersetzung im Allgemeinen so charakteristisch, dass, wenn man in einer todten oder dem Haushalt der lebenden Natur entzogenen Substanz bei microscopischer Betrachtung diese kleinsten Geschöpfe findet, man mit Sicherheit dauraus den Schluss ziehen kann, dass diese Substanz sich bereits im Zustande der Zersetzung befindet.

Wenn man einen Tropfen aus irgend einer beliebigen Faulflüssigkeit, die schon deutlich in Zersetzung übergegangen ist, unter das Microscop bringt, so gewahrt man alsbald zwischen den faulenden Geweben ein mehr oder weniger dichtes Heer lebhaft sich bewegender kleiner Gebilde von rundlicher oder langgestreckter Gestalt, die eine grosse Mannigfaltigkeit der Formen darzubieten scheinen. Macht man solche Beobachtungen häufiger und untersucht man die Flüssigkeiten sehr verschiedenartiger Faulstoffe und in verschiedenen Stadien der Zersetzung, so überzeugt man sich bald, dass diese anscheinend so vielgestaltige kleine Lebenswelt von einer auffallenden Monotonie der Formen beherrscht wird. Was diese kleinsten Geschöpfe so mannigfaltig erscheinen lässt, ist nur der bunte und anfänglich verwirrende Eindruck ihrer vielfachen Bewegungen, welche die Phantasie des Beobachters unwillkürlich in Anspruch nehmen und eine ruhige Betrachtung dieser Wesen hindern. Man kann sich aber von ihrer einförmigen Vegetation sehr leicht überzeugen, wenn man sie im Zustande der Ruhe betrachtet.

Es treten dabei überall zwei Grundformen zu Tage, aus denen alle übrigen Vegetationsformen dieser kleinsten Geschöpfe sich ableiten oder zusammensetzen lassen. Diese Grundtypen sind das Korn oder Kügelchen (Coccus) und das Stäbchen (Bacteria). Das erstere erscheint als ein äusserst kleiner Punkt oder

kugelförmiger, selten ovaler Körper von 0,001 Mm. im Durchmesser und darüber; letzteres ist ein äusserst zartes, kurzcylindrisches oder strichförmiges Gebilde von etwa 0,001 Mm. Querdurchmesser und 2—3—5 Micro-Mm. und darüber Länge. Diese Körper sind in morphologischer Hinscht aus einer hellen, homogenen, schwach lichtbrechenden Substanz zusammengesetzt, welche die optischen Eigenschaften des thierischen oder pflanzlichen Protoplasmas besitzt und jede Spur irgend einer inneren Organisation, namentlich jede Andeutung einer zelligen Structur (Zellenmembran, Zellenkern), vermissen lässt. Sie werden daher von den meisten Botanikern im Gegensatz zu den zelligen Geschöpfen als „nackte Protoplasmagebilde" bezeichnet.

Ausserdem ist der Körper dieser Gebilde noch von einer zarten, schleimigen, glashellen Hülle (Glia) umgeben, welche jedoch für gewöhnlich nicht sichtbar ist. Man erkennt aber ihr Vorhandensein an der Klebrigkeit der Organismen bei gewissen Bewegungen, ferner an der Discontinuität der Elemente bei Aggregaten derselben, und endlich an ihrem Verhalten gegen Farbstoffe. Jod, Carmin, Fuchsin, Chamaeleon, Krapp und Haematoxylin färben den Körper mehr oder weniger deutlich, während sie die Hülle ungefärbt lassen. Bei grösseren Ansammlungen dieser Organismen dient diese Färbbarkeit des Protoplasmas als ein wichtiges Unterscheidungsmittel von anderen ähnlichen Körnchen, z. B. Fett. Namentlich hat sich die Kernfärbung von Bacterienhaufen mit Hämatoxylin, in Verbindung mit ihrem gleichmässigen Korn, in pathologischen Objecten als diagnostisches Hülfsmittel bewährt.

In chemischer Hinsicht ist der Körper dieser Organismen durch eine grosse Resistenz gegen Kalilauge, Essigsäure und verdünnte Mineralsäuren ausgezeichnet. Gelöst wird das Protoplasma derselben, nach der Angabe von Lex[1]), nur durch Erhitzen mit starken Mineralsäuren und concentrirter Kalilauge. Die Cellulosereaction der Pflanzenzellen (Jod — Schwefelsäure) gelingt an ihnen nicht. Hiernach scheint also das Protoplasma den thierischen Proteinsubstanzen nahe zu stehen; doch ist es von den Eiweisskörpern in mancher Beziehung verschieden. Zucker und Schwefelsäure z. B. bewirken keine Rothfärbung des Körpers (ebenso wie

[1]) R. Lex: Ueber Fäulniss und verwandte Processe. Deutsche Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl., 1872, Bd. IV, S. 60.

beim elastischen Gewebe); Kupfersalze und Natronlauge dagegen färben die Substanz violett, und ebenso geben concentrirte Salpetersäure, sowie Millon's Reagens, die bekannte Reaction der Proteinstoffe. Beim Verbrennen der Organismen restirt nur eine Spur von Asche. Nach diesen Reactionen scheint also das Protoplasma der Organismen der Substanz der elastischen Gewebe am nächsten zu stehen.

Die Vermehrung dieser kleinsten Geschöpfe erfolgt durch Wachsthum in die Länge und continuirliche Zweitheilung, wobei die neugebildeten Elemente mit den mütterlichen Wesen verbunden bleiben oder von ihnen getrennt werden. Diese Vermehrung erfolgt in geeigneten Medien und unter günstigen physikalischen Bedingungen (Wärme) mit ausserordentlicher Schnelligkeit und kann in wenigen Tagen numerisch erstaunliche Dimensionen annehmen. Cohn[1]) giebt an, dass sich ein Coccus innerhalb einer Stunde in 2, diese wieder nach 1 Stunde in 4, nach 3 Stunden in 8 theilen u. s. f. Nach 24 Stunden beträgt die Zahl der aus einem einzigen Coccus hervorgegangenen Organismen bereits über 16½ Millionen (16,777,220); nach 2 Tagen würde sie zu der ungeheuren Zahl von 281½ Billionen, nach 3 Tagen zu 47 Trillionen anwachsen.

Um diese Zahlen verständlicher zu machen, hat Cohn die erstaunlichen Resultate einer ungehindert fortgehenden Vermehrung dieser Organismen auch nach Maass und Gewicht ausgedrückt. Er hat berechnet, dass bei regelmässiger Zweitheilung nach 24 Stunden die aus einem einzigen Stäbchen hervorgegangenen Bacterien etwa den 40. Theil eines Cubikmillimeters, am Ende des zweiten Tages schon den Raum von 442½ Cubikcentimetern oder von ½ Liter einnehmen würden. Setzt man das specifische Gewicht dieser Organismen demjenigen des Wassers gleich, was von der Wahrheit nicht viel abweichen wird, so würden etwa 636 Milliarden Bacterien 1 Grm. wiegen. Nach 24 Stunden würde das Gewicht einer Bacterie durch Vermehrung ungefähr $^1/_{40}$ Mgrm., 48 Stunden schon 442 Grm. (nach 1 Pfund) betragen und nach nach 3 Tagen nahezu 7½ Millionen Kilogramm erreichen.

Selbstverständlich machen diese Berechnungen auf Genauigkeit

[1]) F. Cohn: Beiträge zur Biologie der Pflanzen. „Untersuchungen über die Bacterien“ (Heft 2). Breslau, 1872, S. 127—221. — Derselbe: Ueber Bacterien, die kleinsten lebenden Wesen. Sammlung gemeinverständlicher Vorträge von Virchow und Holtzendorff, 1872, Heft 165.



keinen Anspruch; sie sollen nur dazu dienen, von der Ausgiebigkeit und Schnelligkeit der Vermehrung dieser Geschöpfe eine Vorstellung zu machen. Selbst bei den üppigsten Culturen in geeigneten Nährflüssigkeiten kann man sich überzeugen, dass in Wirklichkeit die Vervielfältigung der Coccobacterien jene Dimensionen bei weitem nicht erreicht. Wenn in einem Liter Nährflüssigkeit nach Zusatz eines Tropfens bacterienhaltiger Substanz (mit mindestens Tausenden von Exemplaren) die Vegetation nach 1 Tage bis zur deutlichen Opalescenz, nach 48 Stunden bis zur rauchigen oder milchigen Trübung und nach 3 Tagen bis zur Bildung undurchsichtiger Wolken gediehen ist — ein äusserst günstiges Culturresultat —, so beträgt doch das Gewicht der neu gebildeten Geschöpfe, wenn man dieselben mittelst Thonzellen von der Flüssigkeit abfiltrirt und trocknet, kaum mehr als einige Gramme.

Diese Grundformen werden in zwei verschiedenen Zuständen angetroffen, nämlich im Zustande der Ruhe oder in dem der Bewegung, welche beide mit einander abwechseln können. Von der Art dieses Zustandes erweist sich in der Regel die Art der Weiterentwickelung der Geschöpfe abhängig. Diese Weiterentwickelung präsentirt sich entweder als Wachsthum oder als Vermehrung. Beide werden durch denselben biologischen Vorgang bewirkt, nämlich durch das Wachsthum des Coccus oder der Bacteria in die Länge und nachfolgende Zweitheilung des Körpers.

Durch diesen Vorgang entstehen aus den ursprünglichen Grundformen Doppelwesen, und zwar im ersteren Falle bisquit- oder hantelförmige Doppelkügelchen (Diplococcus) oder im anderen Falle Doppelstäbchen (Diplobacteria), welche letzteren meist stumpfwinklig gegen einander geneigt sind. Bemerkenswerth ist, dass die durch Theilung entstandenen neuen Kügelchen oder Stäbchen immer wieder die ursprüngliche Grösse des Muttergebildes haben. Je nachdem nun diese Organismen im Zustande der Ruhe oder der Bewegung sich befinden, gestaltet sich das weitere Schicksal der Doppelgebilde verschieden. Wenn nämlich dieselben in lebhafter Bewegung durch die Flüssigkeit hin und her geschleudert werden, so tritt allmälig eine Lockerung der Verbindung ein; der Diplococcus oder die Diplobacteria trennt sich, so dass wieder die ursprünglichen Einzel-Kügelchen und -Stäbchen daraus hervorgehen. In einem solchen Falle sieht man in dem lebhaft bewegten Schwarm von Organismen fast ausschliess-

lich entweder Einzelkügelchen (Monococcus), oder Einzelstäbchen (Monobacteria), und daneben regelmässig einzelne Doppelformen, welche sich demnächst wieder trennen. Es ist diese Art der Weiterentwickelung also eine Vermehrung, und zwar eine Vermehrung durch Theilung.

Die Bewegungserscheinungen, welche die isolirten Monococcen und Monobacterien gewöhnlich im Stadium der Vermehrung zeigen, sind mannigfacher Art und lassen nur schwer eine bestimmte Gesetzmässigkeit erkennen. Man nimmt an den Coccen am häufigsten brummkreiselartige, aber immer mit Ortsveränderung verbundene Bewegungen wahr; oder dieselben schiessen raketenförmig in langen Bogen über das Gesichtsfeld; oft ist ihre Bewegung einfach zitternd, pendelartig, aber immer mit einer Vorwärtsbewegung verbunden. An den Bacterien sieht man viel mannigfaltigere Bewegungserscheinungen; bald ist dieselbe einfach schaukelnd oder balancirend, bald mehr zitternd und dabei lebhaft vorwärts schnellend; manchmal wälzt sich der Körper derselben mit seiner ganzen Länge um das eine Ende, wie der Zeiger einer Uhr, oder beschreibt mit einer eigenthümlich monopolaren, bohrenden Rotation den Mantel eines Kegels. Diese einzelnen Formen der Bewegung sind aber keineswegs für bestimmte Formen der Organismen charakteristisch; wir sehen vielmehr ein und dasselbe Geschöpf in den verschiedenen Stadien der Entwickelung ganz verschiedenartige Bewegungen annehmen, so z. B. ein langsam schaukelndes Stäbchen plötzlich von einer schnell peitschenden Bewegung erfasst und weithin über das Gesichtsfeld geschleudert werden.

Es ist in hohem Grade wahrscheinlich, dass die häufig zu beobachtende Coincidenz der Bewegungen mit dem Stadium lebhafter Vermehrung keine blos zufällige ist, sondern dass das Zustandekommen der Zweitheilung durch die Bewegungen der paarigen Organismen, wenn auch nicht gerade bedingt, so doch jedenfalls gefördert wird. Selbstverständlich wird man als erste Ursache für beide Phänomene eine gewisse Lebhaftigkeit des biochemischen Stoffwechsels voraussetzen müssen.

Als nähere Ursache für die Motilitätserscheinungen dieser Wesen wird von den meisten Autoren Flexilität oder Contractilität des pflanzlichen Protoplasmas derselben angesehen; wenigstens haben die Bewegungen der Fäulnissorganismen eine grosse Aehnlichkeit mit den Bewegungen anderer pflanzlicher Geschöpfe, z. B. der

Schwärmsporen der Myxomyceten und verschiedener Species der Algengattung Oscillaria, für welche Contractilität des Protoplasmas als Ursache der Bewegung allgemein angenommen wird.

Ob man berechtigt ist, bei diesen anscheinend ganz willkürlichen Bewegungserscheinungen von Automatie zu sprechen, welche man bisher als ein alleiniges Vorrecht des mit Bewusstsein und Willen begabten Thierreichs betrachtet hat, erscheint bei dem Fehlen jeder Sinnesempfindung, welche die nothwendige Ursache einer Willensäusserung ist, mehr als fraglich. Am zweckmässigsten dürfte es sein, alle diese an niedersten pflanzlichen Geschöpfen zu beobachtenden Motilitätsphänomene als eine gesonderte Kategorie von Bewegungen zu betrachten, welche von Willen und Bewusstsein (Automatie) unabhängig sind und durch andere, noch nicht näher bekannte, physikalische oder chemische Vorgänge im Protoplasma bedingt werden. —

Bleiben die durch Wachsthum und Quertheilung entstandenen Diplococcen und Diplobacterien in Ruhe, so schreitet gewöhnlich das Wachsthum in derselben Weise weiter fort. Charakteristisch für diese Art der Weiterentwickelung ist das Wachsthum in einer Richtung, wodurch Reihen von Kügelchen oder Stäbchen entstehen. So wird aus dem Diplococcus durch continuirliches Wachsthum an den Enden mit nachfolgender Zweitheilung nach und nach eine mehrgliedrige Kette von Kügelchen (Streptococcus), und aus den Diplobacterien ein langer gegliederter Faden (Streptobacteria), deren Wachsthum unbegrenzt in die Länge fortschreiten kann, wenn nicht Hindernisse dasselbe aufhalten. Jedes Glied dieser Kette besitzt selbstständiges Leben und kann, wenn abgetrennt, wieder zu gleichen Ketten oder Fäden auswachsen; ebenso können Fragmente derselben, welche leicht durch Erschütterungen und andere mechanische Einflüsse losgerissen werden, unmittelbar wieder durch Wachsthum an den Enden zu langen Ketten und Fäden werden. Da das Wachsthum mehrerer einzelner Gebilde gewöhnlich in derselben Richtung geschieht, so entstehen auf diese Weise parallele Faserzüge, wie man sie sehr schön bei künstlichen Culturen in nicht flüssigen Medien, z. B. auf der Oberfläche faulender Substanzen und auch in der Mundhöhle des Menchen, beobachten kann. Bei langen Streptococcen ist die Verschmelzung der Einzelglieder oft so innig, dass eine Trennung derselben nicht mehr wahrgenommen wird und die Ketten als voll-

kommen glatte, zarte, durchsichtige Fäden erscheinen. Solche haarähnlichen Fäden werden besonders häufig unter den Streptococcen der Mundhöhle und der Vagina beobachtet und haben hier zu der Aufstellung einer besonderen pflanzlichen Species geführt (Leptothrix buccalis und vaginalis).

Diese Ketten und Fäden können ebenfalls Bewegungen annehmen. Gewöhnlich sind es Fragmente von solchen, die sich durch irgend welche Einflüsse in Bewegung setzen. Diese Locomotion ist fast immer eine schlängelnde Vorwärtsbewegung, die an Schnelligkeit derjenigen der Einzelwesen weit nachstehtt und im Allgemeinen um so langsamer wird, je länger der Faden ist.

Nicht immer folgt das Wachsthum der Coccen und Bacterien der geradlinigen Richtung, sondern es kommt auch häufig zu einer diffusen, regellosen Anhäufung der einzelnen Gebilde, welche durch eine schleimige, glashelle Zwischensubstanz (Glia) zusammengehalten werden. Diese meist rundlichen oder unregelmässig gestalteten Colonieen hatte man früher nach, dem Vorgange von F. Cohn, als Zoogloea (Thiergallerte) bezeichnet, eine Nomenclatur, die weder zweckmässig noch richtig ist und daher gegenwärtig ziemlich allgemein durch die Billroth'sche Bezeichnung Gliacoccus und Gliabacteria ersetzt wird. Diese Bildungen erkennt man häufig schon macroscopisch an den hellen grauen Wölkchen, welche sich in einer klaren Faul- oder Züchtungsflüssigkeit nach einiger Zeit bilden und am Boden absetzen.

Nicht zu verwechseln mit diesen Gliabildungen sind die zarten, irisirenden Häutchen, welche sich auf der Oberfläche von Faulflüssigkeiten in der Regel schon nach wenigen Tagen bilden und bei microscopischer Betrachtung ganz aus dichtgedrängten, kleinsten Kügelchen oder Stäbchen zusammengesetzt erscheinen. Dieses schon erwähnte Bacterienhäutchen ist keine Vegetationsform dieser Organismen, sondern nur eine mechanische Agglomeration derselben, bedingt durch Wasserverdunstung an der Oberfläche und dichte Anordnung der Elemente. Dieses Häutchen ist es, welches dem unbewaffneten Auge das Vorhandensein von Fäulnissorganismen in einer Flüssigkeit schon frühzeitig anzeigt. Es bildet sich in ganz ähnlicher Weise, wie das Häutchen auf der Oberfläche kochender Milch. Seine Bildung lässt sich mit grosser Sicherheit verhindern, wenn man die betreffende Faulflüssigkeit durch luftdichtes Verschliessen vor Verdunstung schützt; alsdann

bildet sich kein irisirendes Häutchen, sondern die Oberfläche bleibt klar.

Die bisher beschriebenen Vegetationsformen kommen in sehr verschiedener Grösse vor, vom kleinsten, kaum mehr sichtbaren Korn bis zum deutlichen Kügelchen, jedoch stets so, dass in einer und derselben Flüssigkeit gewöhnlich nur eine Grösse sich findet. Billroth hat, um die Bezeichnung der verschiedenen Grössen zu erleichtern, drei Grade derselben unterschieden und durch den Zusatz Micro-, Meso- und Mega-Coccus resp. -Bacteria ausgedrückt. Man sagt daher bei der Beschreibung des microscopischen Befundes kurz: „einzelner, doppelter oder mehrgliedriger Micrococcus, Mesococcus und Megacoccus bezw. Bacteria“, oder auch: „kleiner, mittlerer, grosser Monococcus, Diplococcus, Streptococcus bezw. Bacteria“. In eiweissreichen Medien, z. B. Blut, Eiter und thierischen Geweben, pflegt die kleine Coccusform vorzuherrschen, jedenfalls immer zuerst aufzutreten, so dass die Aerzte sich allmälig daran gewöhnt haben, bei Leichenbefunden immer nur von „Micrococcen“ zu sprechen. —

Neben diesen regelmässigen und am häufigsten auftretenden Vegetationsformen werden zuweilen noch andere Varietäten derselben beobachtet. So beschreibt Billroth in faulendem Fleischwasser, welches luftdicht verschlossen gehalten war, und anderen Stoffen Bacterien, welche an dem einen Ende ein kugeliges Knöpfchen besassen, wodurch dieselben ein nagelartiges Aussehen erhielten. Er nennt diese Varietät Nagelbacterien (Helobacteria). — Ferner beschreibt Billroth als eine Vorstufe der Gliabildungen eine Verschmelzung der einzelnen Kügelchen zu rundlichen Platten, welche er als „Petalococcus“ bezeichnet hat. Eine gleiche plattenförmige Anordnung kommt auch bei den Stäbchen vor (Petalobacteria). — Endlich sieht man auf der Oberfläche faulender Flüssigkeiten die Gliabildungen bei schwacher Vergrösserung häufig kolbige oder cylindrische, graugrünliche Figuren zeigen, welche plötzlich an einer Stelle aufspringen und den Gliacoccus entleeren. Der kuglige Klumpen zieht sich alsdann zusammen und faltet sich, wie wenn er von einer besonderen Membran umschlossen wäre. Diese anscheinend in einem Schlauche enthaltenen Gliamassen nennt Billroth „Ascococcus“. Ob diese schlauchähnlichen Membranen ein besonderes Vegetationsproduct sind oder vielleicht nur durch Verdunstung und Verdichtung an

der Oberfläche mechanisch sich bilden, ist vor der Hand zweifelhaft.

Von besonderer Wichtigkeit für die Entwickelungsgeschichte dieser Organismen ist der von Billroth geführte Nachweis der „Dauersporen". Es sind dies hellglänzende, stark lichtbrechende Kügelchen, welche aus einer Umbildung des Protoplasmas der Bacterien unter besonderen Umständen hervorgehen, während der Körper der Bacterien dabei gewöhnlich zu Grunde geht. Diese Dauersporen sind durch eine grosse Resistenz gegen schädliche äussere Einflüsse (Hitze, Kälte, chemische Agentien) ausgezeichnet und dadurch im Stande, die Fortpflanzugsfähigkeit der Coccen und Bacterien unter den scheinbar ungünstigsten Verhältnissen und für eine lange Zeitperiode zu erhalten. Es erklärt sich dadurch die ausserordentliche Verbreitung und Entwickelungsfähigkeit dieser Organismen, sowie die Erhaltung ihrer Vitalität unter Verhältnissen, welche ihrem Gedeihen entschieden ungünstig sind, wie z. B. der Aufenthalt in trockener Luft, in getrockneten und pulverisirten Faulstoffen oder in stark erhitzten Ernährungsflüssigkeiten. Solche Dauersporen sind auch in neuester Zeit von Koch für die Bacillen des Milzbrandes (Bacillus anthracis) nachgewiesen worden; hier erlangt ihre Bildung dadurch noch eine ganz besondere Bedeutung, dass sie, wie Koch zeigte, Träger der Giftigkeit des Milzbrandes sein können und dadurch der Verbreitung der Krankheit ausserordentlichen Vorschub leisten. —

In dieselbe Gruppe von niederen pflanzlichen Organismen gehören endlich noch gewisse fadenartige Gebilde, welche hinsichtlich ihrer morphologischen Charaktere mit den bisher beschriebenen Schizomyceten übereinstimmen und der Streptobacteriaform am nächsten zu stehen scheinen. Sie sind durch eine fadenähnliche Gestalt, durch eine wellig oder spiralig gebogene Form und diesen Biegungen entsprechende Bewegungserscheinungen ausgezeichnet; sie treten viel seltener in faulenden Flüssigkeiten auf, als die früher beschriebenen Formen, wie es scheint, nur unter ganz besonderen Bedingungen und im Allgemeinen in vegetabilischen Faulflüssigkeiten häufiger als in thierischen. Diese Geschöpfe waren schon den ältesten Microscopikern, wie Leeuwenhoek und O. Müller, bekannt; zuerst sind sie von Ehrenberg im Jahre 1830 genauer beschrieben und vortrefflich abgebildet worden, als thierische Infusorien, mit 2 Gattungen und 4 Arten. Diese ursprüngliche Ehren-

berg'sche Eintheilung ist von den neueren Forschern fast unverändert beibehalten worden; nur werden sie jetzt als eine besondere Unterabtheilung: „Schraubenbacterien“ (Spirobacteria, F. Cohn), den pflanzlichen Schizomyceten zugerechnet.

Man unterscheidet, je nach Länge, Dicke und Breite der Fäden und je nach der Zahl und der Art der Windungen, 4 Arten von Schraubenbacterien: 1) Spirochäte plicatilis; ein äusserst dünnes, haarähnliches und bewegliches Geschöpf mit zahlreichen, eng gestellten, welligen Biegungen. Es zeigt von allen Spirillen die lebhaftesten Flexilitätsbewegungen, welche in Form einfacher Wellen am Faden ablaufen. In faulenden Flüssigkeiten tritt es ziemlich selten auf; dagegen ist es häufig im Zahnschleim und im Abscesseiter der Mundhöhle gefunden. Von O. Obermeyer wurde Spirochäte plicat. im Jahre 1873 in grosser Zahl im Blute bei der Recurrenskrankheit während des Fieberanfalls entdeckt; der Parasit scheint hier zu dem Wesen und dem Verlauf der Krankheit in ätiologischer Beziehung zu stehen. — 2) Spirillum tenue; ein ebenfalls dünnes, fadenartiges Geschöpf, aber viel kürzer als jenes, auch weniger flexil, bildet ca. 3—4 schraubenförmige Windungen. Seine Bewegung ist ganz charakteristisch, nämlich schraubenförmig rotirend, ohne dass der Körper dabei Verbiegungen in der Längsachse erleidet. Es wird häufig und in grosser Zahl in pflanzlichen Aufgüssen gefunden. Auch in dem jauchigen Secret bei der Lungengangrän ist es mehrmals von Leyden und Jaffé beobachtet worden. — 3) Spirillum undula; bildet stärkere Fäden mit grösseren und weiter gestellten schraubenförmigen Windungen, gewöhnlich 3—5 an der Zahl. Die Höhe eines jeden Schraubenganges misst nach F. Cohn 4—5 Micromillimeter. Ihre Bewegungen sind ähnlich, aber träger, als beim Spirillum tenue. — 4) Spirillum volutans; bei weitem der grösste Repräsentant der Spirillen, nach F. Cohn „der Riese unter den Bacterien“. Die Fäden sind ca. 25,4—30,0 Micromillimeter lang und 1,5 Micromillimeter dick. Das Protoplasma derselben ist dunkelkörnig granulirt. Ihre Windungen sind pfropfenzieherartig und überschreiten die Zahl von 2½—3½ gewöhnlich nicht; danach bemisst sich die Höhe jeder Windung auf etwa 11,0 bis 13,2 Micromillimeter. Die schraubenförmigen Drehbewegungen sind langsam und majestätisch. — Die Vermehrung der Schrauben-

bacterien erfolgt, wie bei allen anderen Schizomyceten, durch Längenwachsthum und Quertheilung.

Früher hielt man diese Geschöpfe eben ihrer scheinbar automatischen Bewegungserscheinungen wegen für thierische Wesen oder an der Grenze zwischen Thier- und Pflanzenwelt befindlich; gegenwärtig werden sie allgemein als pflanzliche anerkannt und unter der Bezeichnung „Schizomyceten“ (Spaltpilze, Naegeli) den niederen Pilzen und Algen an die Seite gestellt. Morphologisch stehen sie der Familie der Algen und zwar der oben erwähnten Gattung Oscillatoria am nächsten; physiologisch dagegen gleichen sie wieder den niedersten chlorophylllosen Pilzen. Daher werden die Schizomyceten von manchen Forschern für Algen, von anderen für echte Pilze erklärt. Von beiden Familien unterscheiden sie sich jedoch in mehreren Punkten so wesentlich, dass es am zweckmässigsten erscheint, die Schizomyceten (ebenso wie die Hefen) als eine besondere, wohl charakterisirte Gruppe von niedersten pflanzlichen Organismen zu betrachten. Die ausserordentliche Einfachheit ihrer Organisation, die fast unmessbare Kleinheit ihrer Körperdimensionen, die Schnelligkeit und Leichtigkeit ihrer Entwickelung ferner berechtigen uns, diese Gebilde als die Urform alles organischen Lebens und vielleicht als das erste Glied der langen Entwickelungsreihe des Pflanzenreichs aufzufassen.

Die bisher gebrauchte Nomenclatur ist nicht die einzige und allgemein übliche, sondern es sind verschiedene Bezeichnungen für die einzelnen Vegetationsformen und Species im Gebrauch. Der Umstand, dass fast jeder einzelne Forscher, der sich mit der Botanik dieser Gebilde beschäftigte, immer wieder neue Bezeichnungen für dieselben einführte, hat dahin geführt, dass man gegenwärtig für ganz dieselben kleinsten Organismen ganz verschiedene Bezeichnungen anwendet und dadurch die Verwirrung auf diesem ohnehin so schwierigen botanischen Gebiete immer mehr noch steigert. Namentlich dem Nichtfachmanne unter den Aerzten wird es dadurch immer schwieriger gemacht, den wissenschaftlichen Arbeiten auf diesem Gebiete mit dem richtigen Verständniss zu folgen.

Billroth hat in sehr dankenswerther Weise auf Grund entwickelungsgeschichtlicher Studien den Versuch gemacht, eine strenge Systematik und eine einheitliche Nomenclatur bei den Schizomyceten durchzuführen. Dies ist auch die Nomenclatur,

die wir in Obigem wiedergegeben haben. Billroth fasst die bisher beschriebenen Vegetationsformen als zusammengehörige Glieder einer Pflanze auf, welcher er den Namen „Coccobacteria septica“ gegeben hat. Von Botanikern wird diese Zusammengehörigkeit vielfach bezweifelt; ich habe es daher vorgezogen, den Namen Coccobacteria vorläufig wegzulassen und den alten Nägeli'schen Familiennamen Schizomyceten (Spaltpilze) beizubehalten.

Besonders gross ist die Verwirrung bei der Bezeichnung der einzelnen Formen. Was wir z. B. oben als Monococcus bezeichnet haben, wird von Anderen Monas (M. crepusculum, Ehrenberg), Microsporon septicum (Klebs), Kugelbacterie oder Sphaerobacteria (Cohn), Micrococcus im engeren Sinne (Hallier) genannt. Für die ganze Vegetationsreihe der Coccen ist nach dem Vorgange von F. Cohn der Sammelname „Bacterien“ vielfach im Gebrauch. Der Diplococcus wird ferner auch als Dumb-bell (Sanderson) und als Bimonas (Klebs) bezeichnet. Für den Streptococcus sagte man früher, wie schon erwähnt, Leptothrix oder auch Mycothrix und machte eine besondere Species daraus; auch die von van Tieghem im Harn gefundene „Torula urinae“ gehört hierher und ist nach Billroth identisch mit dem mittleren Streptococcus. Ehrenberg bezeichnete die sich schlängelnden Streptococcen und Streptobacterien als „Vibrionen“ (Vibrio lineola u. a.), welche Bezeichnung dann späterhin als Gattungsname für alle diese kleinsten beweglichen Schizomyceten gebraucht wurde. Für die unbewegliche Mono- und Diplobacteria ist auch vielfach die Bezeichnung Bacteridium (z. B. Bacteridium anthracis, Davaine) und für die Microbacteria auch die Bezeichnung Bacillus (Bacillus subtilus und Bacillus anthracis, F. Cohn) im Gebrauch. Die fadenförmig verlängerten Streptobacterien nennt F. Cohn auch Desmobacterien. Die kleinen rundlichen Ballen von Gliacoccus werden von Vielen als Bacteriencolonieen und von F. Cohn, wie erwähnt, als Zooglaea bezeichnet.

Kurzum, in diesem Chaos von Bezeichnungen sich zurechtzufinden und jederzeit orientirt zu halten, ist in der That keine leichte Aufgabe, am allerwenigsten für den der wissenschaftlichen Forschung ferner stehenden praktischen Arzt, welcher auf die Angaben der Specialforscher angewiesen ist und selbst nicht nachprüfen kann. Eben diese Vielheit der Benennungen für ein und dasselbe Geschöpf ist bezeichnend für

die Unsicherheit, welche bisher in der Morphologie derselben herrschte.

Trotz aller eifrigen Nachforschung und voreiliger Namengebung ist es doch bisher nicht gelungen, morphologische Verschiedenheiten unter den bei der Fäulniss auftretenden kleinsten Organismen nachzuweisen. Dagegen sprechen manche neuerdings gewonnenen biochemischen Erfahrungen dafür, dass die scheinbar gleichgestalteten Wesen in ihrem Stoffwechsel ein verschiedenes Verhalten darbieten. Namentlich hat man bei Züchtungen und Transplantationen von einer Nährflüssigkeit in eine andere die Erfahrung gemacht, dass Schizomyceten, die vollkommen lebenskräftig und in üppiger Vegetation begriffen waren, sich in einem anderen ernährenden Medium nicht weiter entwickelten, ohne dass andere feindliche Einflüsse dabei nachgewiesen werden konnten, als eine veränderte Zusammensetzung der Nährflüssigkeit (Billroth). Diese Beobachtung führte zu dem Schluss, dass bei den kleinsten Organismen entweder verschiedene Ernährungsbedingungen und dem entsprechend auch ein verschiedenes biochemisches Verhalten zu Grunde liegen, oder dass mit der Dauer der Vegetation eine gewisse Gewöhnung an ein bestimmtes Medium eintritt, wodurch der Organismus zur Culturpflanze in diesem Medium wird. Im Grunde genommen wird auch die letztere Auffassung wohl kaum anders als durch die Annahme einer Gewöhnung an bestimmte Ernährungsbedingungen erklärt werden können, wodurch das Geschöpf, wie andere höhere Pflanzen, zur Culturpflanze wird.

Dieser Nachweis specifisch verschiedener Functionen des Stoffwechsels unter den Schizomyceten bei vollkommener morphologischer Gleichheit ist für die moderne Pathologie von einiger Wichtigkeit, insofern er der Lehre vom Contagium animatum eine ganz neue Perspective eröffnet. Er zeigt uns die Möglichkeit, dass die Schizomyceten, wenn sie auch nicht mechanisch parasitär wirken, im Sinne der bisher bekannten echten Parasiten der Haut, doch durch die Erzeugung specifisch verschiedener Stoffe, die möglicherweise giftig sind, schädlich werden können.

Man pflegt sich diese Auffassung, welche in der That heute unter den Pathologen die meisten Anhänger zählt, nach Cohn mit dem Beispiel der bitteren und süssen Mandeln, oder nach Virchow mit dem Bilde des Schierlings und der Peter-

silie zu versinnlichen, wobei also gleichfalls von botanisch übereinstimmenden Arten das eine Mal ein Gift, das andere Mal ein unschädliches Product gebildet wird.

Eine sehr werthvolle thatsächliche Stütze hat diese Annahme specifisch verschiedener Arten von Micrococcen oder Bacterien gefunden in dem Auftreten von Schizomyceten, deren Stoffwechselproducte gefärbt sind. Diese farbigen Microorganismen sind namentlich von F. Cohn und Schröter genauer studirt worden. Man kannte ihr Auftreten schon seit langer Zeit, wenn auch nicht mit der richtigen Erklärung, an der Erscheinung des blauen Eiters und der blauen Milch, der Wunder des rothen Schnees und der „blutenden Hostie". Bei der Untersuchung aller dieser eigenthümlichen Phänomene hat man mit starken Vergrösserungen als Ursache immer eben jene kleinsten Organismen (Micrococcen) gefunden, welche auf den organischen Stoffen vegetiren und durch ihren Stoffwechsel den Farbstoff erzeugen. Man hat bis jetzt eine ganze Reihe solcher farbigen Micrococcen constatirt. Auf der Oberfläche gekochter Kartoffeln, auf Fleisch und Brod fand Schröter purpurrothe Gallertmassen (Monas prodigiosa Ehrenberg, Micrococcus prodigiosus Cohn), in der Milch gelbe und blaue Micrococcen (M. luteus und M. cyaneus), im Eiter blaue und grüne Micrococcen (M. cyaneus und M. chloricus). In mehreren anderen Fällen sind orangegelbe (M. aurantius) oder braune (M. brunneus s. Bacteridium brunneum, Schröter) und endlich auch violette kleinste Organismen (M. violaceus) gefunden worden. Man kann diese Geschöpfe sogar, wie Cohn und Schröter zeigten, cultiviren durch Züchtung auf bestimmten fäulnissfähigen Medien (gekochten Kartoffeln, Erbsen) oder auch in gewissen chemischen Nährsalzlösungen. Für die Micrococcen des blauen Eiters wies zuerst Lücke nach, dass sie in ganz normalen Eiter und auf frische Wunden übertragen werden können und hier wiederum Blaufärbung des Eiters erzeugen, jedoch ohne dabei in der Wunde Schaden anzurichten; in Wirklichkeit geschieht diese Uebertragung durch Verbandgegenstände, Krankenzimmerstaub und die Hände der Chirurgen. F. Cohn bezeichnet diese durch Organismen bedingten chromogenen Umsetzungen als „Pigmentfäule".

Schizomyceten sind nicht blos die constanten und ersten Begleiter der Fäulniss, sondern auch diejenigen Organismen, welche am zahlreichsten und am längsten in einer faulenden Flüssigkeit wahr-

genommen werden. In späteren Stadien pflegen noch manche andere Geschöpfe an der Zersetzung Antheil zu nehmen und dieselbe zu beschleunigen. Namentlich sind dies Schimmelpilze (Mucor- und Aspergillusarten). Jedoch besteht zwischen diesen und den Schizomyceten ein eigenthümlicher, wohl durch die Verschiedenheit ihrer physiologischen Lebensbedingungen begründeter Antagonismus. Man kann es geradezu als Regel bezeichnen, dass in einer faulenden Materie Schimmelpilze da nicht erscheinen, wo üppig Schizomyceten gedeihen, und umgekehrt, dass letztere da nicht oder doch nicht in sehr erheblicher Menge gefunden werden, wo frühzeitig Schimmelpilze ihren Wohnsitz aufgeschlagen haben. Auch ist mit dem Auftreten von Schimmelvegetationen nicht nothwendig Fäulniss bedingt. Harn z. B. und verschiedene Nahrungsmittel können verschimmeln, ohne im eigentlichen Sinne zu faulen; ja man kann sogar sagen, dass eine mehr oder weniger verschimmelte Substanz in der Regel nicht faul ist (H_2S und H_3N). Man nimmt hier gewöhnlich nur gewisse einfache, häufig sauere Umsetzungen wahr.

Andere microscopischen Geschöpfe als die bisher beschriebenen werden in thierischen Faulstoffen anfänglich nicht wahrgenommen; erst später finden sich auch thierische Microorganismen, Infusorien und andere Protozoen, ein. Auch treten nach einiger Zeit, namentlich dann, wenn die faulende Substanz nicht sehr flüssig ist, höhere thierische Organismen auf, z. B. Insecten und deren Larven, welche in Fäulniss begriffene Substanzen mit Vorliebe als ihre Brutstätten benutzen, ferner Würmer, Vögel und andere schon früher erwähnte Thiere. —

Ganz analoge morphologische Verhältnisse wie bei der thierischen Fäulniss, sehen wir nun auch auftreten bei der Vermoderung von Pflanzentheilen. Es lassen sich hier ganz ähnliche Formen des Unterganges auffinden, wie wir sie für die animalischen Stoffe kennen gelernt haben. Mechanischer Zerfall und Erweichung resp. Verflüssigung sind auch hier die beiden typischen physikalischen Processe, deren sich die Vermoderung behufs Vernichtung der Pflanzenformen bedient; ein Unterschied scheint nur darin zu bestehen, dass diese Processe bei der Vermoderung sehr viel langsamer verlaufen, als bei der Fäulniss. Es hängt dies mit der viel grösseren Festigkeit und der Unlöslichkeit desjenigen Theiles des Pflanzenkörpers zusammen, welcher die Hauptmasse

desselben ausmacht, nämlich der Holzfaser. Die Langsamkeit, mit der die holzigen Theile der Pflanze zertrümmert und aufgelöst werden, lässt sich in keiner Weise mit derjenigen vergleichen, welche wir an den analog sich verhaltenden Bindesubstanzgebilden kennen gelernt hatten. Es mag noch hinzukommen, dass die Cellulose eben wegen ihrer Unlöslichkeit für die meisten thierischen Geschöpfe unverdaulich ist und daher als Nahrung von der grossen Schaar der in faulenden Stoffen schmarotzenden Thiere meist verschmäht wird, während das bindegewebige Gerüst des Thierkörpers eine willkommene Speise bildet.

Einen der Mumification analogen Process sehen wir in der Pflanzenwelt in grossem Maasse zu Stande kommen bei dem alljährlichen Gelbwerden der Blätter, bei der Stroh- und Heubildung der Cerealien und Gräser, bei dem Verdorren der Pflanzen, z. B. in Prairieen durch die Glut der tropischen Sonne u. s. w. In diesem Zustande sind auch die mumificirten pflanzlichen Theile, wie man an der Dauerhaftigkeit des Strohes und des verdorrten Laubes in trockener Umgebung beobachten kann, völlig unveränderlich. Solche mumificirten Vegetabilien werden daher auch zu mannigfachen wirthschaftlichen und industriellen Zwecken benutzt, z. B. als leicht conservirbares Winternahrungsmittel für die Hausthiere, als Bau- und Brennmaterial. Natürlich können die vertrockneten Pflanzentheile insgesammt weitere Zersetzung eingehen, sobald sie wieder angefeuchtet werden oder in Wasser zu liegen kommen. Heu und Stroh z. B. vermodert sehr leicht, wenn es nass wird; Holzschwellen, die im Wasser sich befinden, die hölzernen Pfeiler einer Brücke, ebenso die in die Erde gerammten Pfähle und die Planken eines auf dem Wasser schwimmenden Kahnes werden mit der Zeit weich, morsch und brüchig, wenn sie nicht durch antiseptische Ueberzüge (Theer, Eisenvitriol, Kohle) vor der Zersetzung geschützt werden.

In ausgedehnter Weise erfolgt dies Mumificiren und periodische Weiterfaulen abgestorbener Vegetabilien in dem Boden der Wälder. Das trockene Laub und die verdorrten Reiser, welche alljährlich massenhaft auf dem Waldesboden sich anhäufen, können in trockenen Jahreszeiten oder in dürren Gegenden lange Zeit unverändert liegen bleiben: von Zeit zu Zeit aber werden sie durch Regengüsse oder durch vom Boden aufsteigende Dünste angefeuchtet und gehen nun eine reguläre Vermoderung ein. Die gelben, trockenen Theile

werden allmälig immer brauner und nehmen zuletzt eine fast schwärzliche Farbe an; gleichzeitig wird die Substanz brüchig und lässt sich zwischen den Fingern wie nasser Zunder zerreiben. Alle hierbei in Lösung übergehenden Stoffe werden von dem umgebenden Erdreich aufgesogen und den Wurzeln der lebenden Pflanze als Nahrung zugeführt. Schliesslich zerfällt das holzige Gerüst eines Blattes oder Zweiges in grössere oder kleinere Bröckel und Moleküle, die eine fast schwarze, kohleartige Farbe haben und von dem eigentlichen Erdreich kaum mehr zu unterscheiden sind. Mit Erde vermischt verleihen sie derselben die schwarze Farbe, das Kennzeichen ihrer Fruchtbarkeit.

In typischer, ja musterhafter Weise kann man diesen Process der Humification verfolgen an dem Composthaufen des Gärtners (d. i. ein Compositum von allerlei abgestorbenen Vegetabilien). Wenn man einen solchen Haufen, auf dem also alles, was aus der Oeconomie des Gartens abfällt, Woche für Woche zusammengehäuft wird, aufgräbt, so kann man die morphologischen Veränderungen bei der Vermoderung von dem trockenen, gelben, unveränderten Laube der äussersten Bedeckung bis zu den schwarzen, krümlig-erdartigen Pflanzenresten in der Tiefe schichtweise verfolgen. Man nennt solche in fauliger Umwandlung begriffenen abgestorbenen Pflanzenmassen Humus oder Moder. Die ausserordentliche Fruchtbarkeit dieser Humushaufen für die pflanzliche Vegetation des Gartens ist hinlänglich bekannt. Auch in der Ackererde, namentlich wenn sie mit abgestorbenen Pflanzentheilen (Mist) gedüngt ist, und im feuchten Grunde der Wiesen sehen wir Jahr aus Jahr ein denselben Process ablaufen; ein Ackerland gilt bekanntlich als um so fruchtbarer, je reicher es an solchen Vegetabilien ist. Nirgends kann besser als an diesem Beispiel der nie endende Kreislauf der Stoffe der organischen Natur und die unerschöpfliche Fruchtbarkeit der Mutter Erde veranschaulicht werden. Wie lange unter den geschilderten Bedingungen, also im feuchten Erdreich, der Process der Humification dauert, lässt sich nicht mit völliger Sicherheit angeben; sicherlich aber vergehen Jahre darüber, bis der zähe, holzige Theil des Reisigs dem Erdboden wieder gleich gemacht ist. —

Zu den Processen der Vermoderung rechnet Fleck[1]) auch

---

[1]) Fleck: Ueber die Zersetzungen organischer Stoffe im Boden Dresdens.



den Uebergang des Pflanzenkörpers, insbesondere der Cellulose, in Braun- und Steinkohle. Es gehen nach ihm diese Zersetzungen bei mangelndem Luft- resp. Lichtzutritt und bei Anwesenheit von Wasser in abgestorbenen Vegetabilien vor sich und sind gleichfalls mit der Entwickelung von Sumpfgas verbunden. Diese Umwandlung des Holzes, welche bekanntlich in der Geschichte unseres Erdballs eine wichtige Rolle spielt und zur Bildung jener mächtigen unterirdischen Lager geführt hat, welche das heuzutage fast nur noch mit Dampf arbeitende Menschengeschlecht für Jahrhunderte mit dem schätzbarsten Brennmaterial versehen, soll nach Fleck noch gegenwärtig geschehen. Er zeigte im ärztlichen Bezirksverein zu Dresden ein Stück Sargholz vor, welches 25 Jahre lang in feuchtem Thonboden gelegen hatte und während dieser Zeit vollständig zu Lignit umgewandelt war.

Die neueren Untersuchungen von Göppert und Cotta [1]) haben es in hohem Grade wahrscheinlich gemacht, dass jene mächtigen Braun- und Steinkohlenlager im Verlaufe langer Zeiträume aus Torfbildungen hervorgegangen sind, wie sie heute noch auf unserer Erdoberfläche in aufgehäuften todten Pflanzenresten zu Stande kommen. Cotta erklärt die Kohlenbildung aus Vegetabilien so, dass alle Pflanzensubstanzen bei ihrer Zersetzung unter Wasser stets mehr H und O als C verlieren, indem die beiden ersteren Elemente mit weniger Kohlenstoffatomen in Form von CO_2 und von Kohlenwasserstoffverbindungen (CH_4 u. a.) entweichen. Auf diese Weise nähert sich alle unter Wasser vermodernde Pflanzensubstanz zunächst der Beschaffenheit des Torfs und mit der Zeit mehr und mehr der Zusammensetzung der Braunkohle. Die Aehnlichkeit zwischen manchen Braunkohlen und manchem Torf ist nach Cotta, sowohl was die besondere Natur, als was die Art des Vorkommens anlangt, in der That so gross, dass es kaum bezweifelt werden kann, dass gewisse Braunkohlen (z. B. die der Gegend von Zeitz) aus antediluvialen Torflagern entstanden sind. Für diese Auffassung spricht auch die chemische Zusammensetzung dieser Stoffe, insofern die Pflanzenreste mit der fortschreitenden Umwandlung in Braun- und Steinkohle immer

---

Vortr. im ärztl. Bez.-Verein am 8. Mai 1873. Schmidt's Jahrbücher, Bd. 159, S. 192.

[1]) B. v. Cotta: Geologische Bilder. Leipzig, 1854. S. 164—198 (insbesondere S. 176 u. 186).

ärmer an Wasserstoff und Sauerstoff, dem entsprechend also immer reicher an Kohlenstoff werden. Mit der chemischen Umwandlung concurrirt ferner in der Regel gleichzeitig noch die mechanische Einwirkung des Druckes darüber lastender neuer Anhäufungen und Ablagerungen; dadurch wurden die Kohlenatome immer dichter und dichter zusammengedrückt, bis sie endlich jene feste, steinartige Masse bildeten, welche wir heute Steinkohle oder Anthrazit nennen. Dieser Process soll sich sogar, nach Cotta, durch Jahrtausende lange Einwirkung des starken Druckes und der erhöhten Temperatur im Erdinnern soweit gesteigert haben, dass aus bituminöser (H- und O-haltiger) Braun- und Steinkohle schliesslich fast bitumenfreier Anthrazit (Glanzkohle) und endlich reiner Kohlenstoff (Graphit) wurde. —

Die weicheren, saftreichen und blattartigen Gebilde zerfallen natürlich weit schneller. Dass der Gehalt an Wasser auf den zeitlichen Verlauf dieser Zersetzung von bestimmendem Einfluss ist, kann man auch sehr deutlich sehen an der Vermoderung der abgestorbenen Vegetabilien in stehenden Gewässern, der sogen. Sumpfbildung (Limification).

Dieser Process, der im Grossen Jahr aus Jahr ein in Teichen, Sümpfen und allen stagnirenden Gewässern regelmässig sich vollzieht, lässt sich im Kleinen genauer verfolgen bei Pflanzenaufgüssen, die man bei Luftzutritt und in der Sommerwärme der Zersetzung überlässt. Hier sieht man das Wasser im Glase sehr bald sich trüben und häufig durch ausgetretenes Chlorophyll sich grünlich verfärben. Später nehmen die Theile eine mehr gelbe, braune und zuletzt schwärzliche Beschaffenheit an, und in der alsdann schmutzig-graugelb gewordenen Flüssigkeit sieht man zahlreiche braune und schwärzliche Trümmer herumschwimmen. Schliesslich verlieren die Pflanzentheile ihre äussere Form; sie zerbröckeln und zerfliessen in eine grauschwarze, erdige, mit schwärzlichen und noch unaufgelösten Resten untermischte Masse, welche sich als Schlamm (Limus) am Boden absetzt. Im Wesentlichen derselbe Process ist es, den wir perennirend im Boden der Sümpfe, in Morästen, im Inhalt stagnirender Gräben und Kloaken allenthalben in der Natur antreffen.

Die mehr oder weniger reichliche Entwickelung von Gasblasen (CH_4, CO_2, N) und das Aufschiessen neuer, zum Theil Chlorophyll führender Vegetation, insbesondere von grünen Algen und

Tangen, pflegt das Bild der Versumpfung zu vervollständigen. Diese Processe sind es vornehmlich, welche der Entwickelung des specifischen Malariakrankheitsgiftes in sumpfigen Gegenden Vorschub leisten. —

Das kleinste Leben, welches hier in nicht minderem Maasse als bei der Fäulniss die Zersetzung begleitet, ist insbesondere von Ehrenberg studirt und in seinem klassischen Werke über die Infusionsthierchen (1838) eingehend beschrieben worden[1]). Manches von seinen damaligen Angaben, namentlich seinen subjectiven Deutungen, ist im Lauf der Zeit berichtigt oder erweitert worden; im Grossen und Ganzen aber sind seine Untersuchungen bis auf den heutigen Tag mustergiltig und von grundlegender Bedeutung geblieben. Bei der ausserordentlichen Reichhaltigkeit dieser niedersten Formenwelt können wir es natürlich nicht in den Bereich unserer Aufgabe ziehen, eine genauere und systematische Darstellung derselben zu geben, sondern müssen uns mit einem kurzen Ueberblick über dieselben begnügen.

Was hier zunächst die wiederum sich zuerst entwickelnden Schizomyceten anbetrifft, so sind dieselben im Allgemeinen übereinstimmend mit denjenigen, welche auch bei der thierischen Fäulniss auftreten. Bemerkenswerth ist jedoch, dass dieselben hier besonders häufig gefärbt erscheinen; man findet in sumpfigen Flüssigkeiten nicht selten grüne, rothe, gelbe und orangefarbene Coccen, meist unbeweglich und zu dichtem Gliacoccus angeordnet. Auch Schraubenbacterien (Spirillum und Spirochaete) werden

---

[1]) Ich verweise bezüglich der Literatur über die Infusionsthierchen auf folgende Werke:

Ant. van Leeuwenhoek: Arcana naturae detecta. Delphis Batav (Delft), 1695.

H. A. Wrisberg: Observationum de animalculis infusoriis satura. Göttingen, 1765.

O. F. Müller: Animalium infusoriorum succincta historia. Kopenhagen, 1773.

Eichhorn: Kleinste Wasserthiere. Berlin, 1781.

Saint-Vincent: Essai sur les animaux microscopiques. Paris, 1826.

Chr. Gottfr. Ehrenberg: Die geographische Verbreitung der Infusionsthierchen. Berlin, 1828. — Organisation, systematische und geographische Verhältnisse der Infusionsthierchen. Berlin, 1830.

Derselbe: Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen. Ein Blick in das tiefere organische Leben der Natur. Mit Atlas. Leipzig, 1838.

Dujardin: Histoire naturelle des infusoires. Paris, 1841.

Gust. Schoch: Die microscopischen Thiere des Süsswasseraquariums. Leipzig, 1868. 2 Hefte.

in pflanzlichen Aufgüssen nicht selten beobachtet. Mit dem Erscheinen der ersten Repräsentanten der Thierwelt tritt aber ihre Vegetation zurück; es beginnt eine Art Kampf um's Dasein resp. um den Nahrungsstoff, in welchem die von der Natur besser ausgerüsteten thierischen Nebenbuhler die Oberhand behalten.

Die hier auftretenden animalischen Geschöpfe sind, wie die Schizomyceten für die Pflanzenwelt, die Anfänge alles thierischen Lebens und von der einfachsten bis jetzt bekannten thierischen Organisation. Sie gehören der Klasse der Protozoen (Urthiere) an und stellen grösstentheils nackte protoplasmatische Gebilde dar mit scharf contourirter äusserer Begrenzung und besonderen contractilen Bewegungsorganen (Cilien, Haaren, Geisseln und Wurzelfüsschen). Ihr weicher Körper ist mancher Formveränderungen fähig und trägt, in die anscheinend homogene Masse eingebettet, entweder verschieden grosse Körnchen, die zum Theil wohl von Aussen als Nahrung aufgenommen wurden, oder eine Reihe deutlich entwickelter, vegetativer Organe, z. B. eine Art Mund, einen Nahrungsschlauch oder eine Eingeweideblase, und einen After. Auch Kerne (Nucleus) und Kernkörperchen (Nucleolus), wie bei den regulären zelligen Gebilden, werden bei den meisten dieser niederen Geschöpfe wahrgenommen.

Ihre Vermehrung geschieht, wie bei den Schizomyceten, am häufigsten durch Theilung, oder auch durch Knospung, seltener durch Entwickelung von Embryonen im Innern des Thieres, von denen es noch zweifelhaft ist, ob sie durch eine Art geschlechtlicher Verbindung oder autochton in den Thieren entstehen.

Die bei weitem am häufigsten und immer zuerst auftretenden winzigen Geschöpfe gehören der Klasse der Infusorien an, und zwar deren einfachster Ordnung der Flagellaten (Geisselthierchen). Man sieht zuerst in pflanzlichen Aufgüssen gewöhnlich kleinste, kugelige, ovale oder birnenförmig gestaltete, wasserhelle Gebilde, von wechselnder Grösse, die durch Peitschenhaare (Flagella) oder durch Wimpern (Cilia) anscheinend willkürlich bewegt werden. Dieser Einrichtung entsprechend unterscheidet man unter den Infusorien zwei Gruppen, die Flagellaten und die Ciliaten. Die bekanntesten und häufigsten Infusorien sind die Monaden, und zwar unter ihnen besonders das Cyclidium, das Cercomonas und das Chilomonas, ferner die Euglaena viri-

dis, das Peridinium u. a. Später treten dann die höher entwickelten Ciliaten auf, von denen die häufigsten das Paramecium (Pantoffelthierchen), der Stentor polymorphus (Trompetenthierchen), die Colpoda (Heuthierchen) und namentlich die Familie der Vorticellen (Glockenthierchen) sind.

In sumpfigen Gewässern findet man auch hier und da Rhizopoden, wenn auch gewöhnlich viel weniger zahlreich, wie die Infusorien, namentlich die bekannte Amoeba diffluens (Wechselthierchen), die Arcella vulgaris (Kapselthierchen) und die in Bächen so häufige Gromia fluviatilis.

Die nächst höhere Klasse von microscopischen Thierchen sind die schon weit vollständiger organisirten Räderthiere, die durch die äusserst mannigfaltige Zahl ihrer Formen und die deutliche Anlage der verschiedenen Organe des höher entwickelten Thieres ausgezeichnet sind. Wir finden bei ihnen nicht blos vollständig entwickelte Bewegungs- und Verdauungsapparate, sondern auch bereits Andeutungen von einem Respirationssystem, von Nerven- und Sinneswerkzeugen (Augenflecke, Gehirnganglien, Gefühlshöcker und Tasthaare) und von männlichen und weiblichen Geschlechtsorganen. Am häufigsten von ihnen werden die Hydatina senta (das Krystallfischchen), von $^1/_4$—$^1/_5$ Linie Grösse, und der Rotifer vulgaris (das Räderthier κατ' ἐξοχήν) im Wasser der Gräben und Sümpfe gefunden [1]).

Ist die Entwickelung der Thierreihe im Sumpfwasser bereits bis zu dieser Höhe vorgeschritten, so treten auch regelmässig höher entwickelte Glieder des Pflanzenreichs auf, insbesondere die zahllosen Familien und Species der Algen, von den microscopisch kleinen Formen der Diatomeen, Desmidiaceen und Schleimalgen bis hinauf zu den grösseren Conferven und Tangen. Eine häufige Erscheinung auf stehenden Gewässern sind ausserdem die bekannten, bereits den geschlechtlich entwickelten Monocotyledonen angehörigen Wasserlinsen (Lemna palustris, auch Entengrütze genannt), welche die Oberfläche stehender Gewässer in unseren Gegenden zur Sommerzeit oft mit einem dichten, grünen Teppich überziehen. Noch zahlreiche andere pflanzliche Geschöpfe, Najaden

---

[1]) Eine sehr übersichtliche und prägnante Darstellung findet man in dem kleinen Büchelchen von Dr. Gust. Schoch: „Die microscopischen Thiere des Süsswasseraquariums", Leipzig, 1868. 2 Hefte: 1) die Urthiere, 2) die Räderthiere. 94 Seiten, mit Abbildungen.



und Alismaceen, Wasserfarne und Rohrkolben, pflegen das Wasser von Sümpfen als ständige Bewohner zu bevölkern.

Am einfachsten gestaltet sich natürlich die Morphologie der vegetabilischen Zersetzung bei denjenigen Pflanzenstoffen, welche an und für sich schon flüssig und zum Theil auch völlig klar sind, z. B. bei der Gärung der zuckerhaltigen Fruchtsäfte, der Pflanzenauszüge, der Stärke- und Zuckerlösungen u. s. w. Hier bildet die microscopische Vegetation die einzige auffällige morphologische Veränderung, welche im Verlauf der Gärung wahrgenommen wird. Die Flüssigkeiten werden dabei trübe, meist unter gleichzeitiger Entwickelung von Gasblasen, und setzen mit der Zeit am Boden eine grauweisse, pulverige Masse ab, welche die Hefe genannt wird. Dieselbe besteht aus microscopisch kleinen, regelmässig gestalteten, einzelligen Organismen, welche pflanzlicher Natur sind und bei den verschiedenen Gärungen bestimmte Formen zeigen. Morphologisch stehen sie gewissen einzelligen Algen nahe, physiologisch dagegen reihen sie sich am besten der Klasse der niederen Pilze an; sie werden daher in der Regel als eine besondere Unterart derselben betrachtet und gemeinhin als Hefepilze bezeichnet. Am zweckmässigsten jedoch dürfte es sein aus den früher erörterten Gründen, dieselben, ebenso wie die Schizomyceten, als eine eigenartige, selbstständige Gruppe kleinster pflanzlicher Organismen hinzustellen.

Die Hefen erscheinen microscopisch als deutlich entwickelte, farblose Zellen, von kugeliger, oder ovaler, oder langgestreckter, fast cylindrischer Gestalt. Sie zeigen im Gegensatz zu den Schizomyceten bereits die deutliche Organisation einer Zelle; sie besitzen eine scharf conturirte, die Cellulosereaction zeigende Membran, ferner einen relativ grossen Zellkern und einen oder mehrere Kernkörperchen. Sie vermehren sich durch Sprossung, indem der Zellkörper an einer Stelle Knospen treibt, die sich allmälig abschnüren, Kerne entwickeln und selbstständig werden. Gewöhnlich bleibt die neue Knospe bis nahe zur vollständigen Ausbildung mit der Mutterzelle verbunden, so dass man neben den einzelnen Hefezellen in der Flüssigkeit immer eine gewisse Anzahl solcher sprossenartig zusammenhängender Zellen antrifft, von denen nicht blos 2, sondern auch 3, 4 und mehrere mit einander verbunden sein können (Hefesprossverbände).

Am häufigsten wird in Gärungsflüssigkeiten der Zucker-

gärungspilz (Kryptococcus cerevisiae Kützing oder Saccharomyces cerevisiae Meyen), der bei der Alkoholgärung im Weingeist und in der Bierwürze sich entwickelt, gefunden. Dieser Pilz besteht aus kurzovalen Zellen von der oben beschriebenen Art, die unter Kerntheilung Sprossen treiben, welche sich wieder zu neuen Hefezellen entwickeln und von der Mutterzelle abschnüren. Neben einzelnen, je nach dem Alter derselben verschieden grossen Zellen findet man in einer Gärungsflüssigkeit gewöhnlich 2, 3—5 mit einander zu rosenkranzförmigen oder verzweigten Reihen verbunden.

Man unterscheidet in einer Gärungsflüssigkeit zwei Arten von Hefe, die Oberhefe und die Unterhefe. Die erstere besteht aus ovalen Zellen, welche oft zu mehreren, 6—12, zusammenhängen; sie bildet sich bei wärmerer Temperatur und bei freiem Luftzutritt an der Oberfläche der Flüssigkeit (Obergärung), dieselbe mit einer schleimigen Haut überziehend (Pilzhaut, Mycoderma). Die Unterhefe dagegen entwickelt sich immer im Innern der Flüssigkeit, namentlich bei niedrigerer Temperatur (3—4° C.), und sammelt sich am Boden als graue, pulverige Masse an (Kryptococcus); sie besteht aus mehr rundlichen, beinahe kugelförmigen Zellen und ist der eigentliche Erreger der geistigen Gärung.

Aehnliche Hefepilze treten ferner beim Sauerwerden des Bieres und bei der Nachgärung des Weines (Hormiscium vini), ferner bei der Essiggärung alkoholischer Flüssigkeiten (Mycoderma s. ulvina aceti, Essigmutter) auf. Die letztere besteht gewöhnlich aus langgestreckten, mehr cylindrischen Zellen, welche von Manchen den Schizomyceten zugerechnet und mit Bacterien identificirt werden. Im Grossen und Ganzen ist die Botanik dieser kleinsten Hefeorganismen noch vielfach streitig und Gegenstand mannigfacher Untersuchungen[1]).

Thierische Geschöpfe kommen in Gärungsflüssigkeiten fast niemals zur Entwickelung. Auch die bei der Buttersäuregärung auf-

[1]) Die neueren botanischen Untersuchungen über die Gärungspilze haben mehrere verschiedene Unterarten derselben ergeben, die sich theils morphologisch, theils physiologisch von einander unterscheiden. Wir verweisen bezüglich dieser botanischen Verhältnisse auf die einschlägigen fachmännischen Arbeiten, insbesondere auf M. Reess: Botanische Untersuchungen über die Alkoholgärungspilze, 1870, und ferner C. O. Harz: Grundzüge der alkoholischen Gärung, München, Th. Riedel, 1877. Harz unterscheidet darin 4 Formen der Hefe, nämlich: Saccharomyces glutinis (Cohn), Sacch. fontinalis (Harz), Sacch. mycoderma (Reess) und Sacch. cerevisiae. Nur die letzte Hefeform kann Alkoholgärung erzeugen.



tretenden „Vibrionen“ Pasteur's sind nach den neueren Untersuchungen pflanzlicher Natur und gehören der Bacterienreihe der Schizomyceten an. Dagegen kommt es nicht selten auf der Oberfläche älterer Gärungsflüssigkeiten zur Entwickelung von Schimmelpilzen (Aspergillus und Mucor). Die Sporen einiger Species dieser Schimmelpilze haben sogar die merkwürdige Eigenschaft, sich in und auf der Flüssigkeit hefenartig zu vermehren und dichte, kugelige Sporenverbände zu bilden, die wahrscheinlich ebenfalls, wie die eigentliche Hefe, fermentirende Eigenschaften besitzen. So findet man z. B. auf sauerem Urin nicht selten ein dichtes Lager grosser, kugeliger Mucorsporen, die wie Hefe aussehen (Mucorhefe); noch häufiger kommt es in der Milch zur hefeartigen Entwickelung von Oidiumsporen (Oidiumhefe), welche wahrscheinlich eine Ursache des Sauerwerdens derselben ist. —

Ueberall also folgt die Entwickelung neuen organischen Lebens dem Eintritt der Zersetzung Schritt für Schritt nach, und eine reiche, wenn auch winzige, aber vielgestaltige Lebenswelt setzt sich an die Stelle des erloschenen alten Lebens. Es bestätigt sich hier in eclatanter Weise der bereits früher ausgesprochene Satz, dass Fäulniss niemals den wahren Untergang der abgestorbenen Materie bedeutet, sondern nur eine Aenderung der Formen und des Aggregatzustandes, sowie der chemischen Verbindungen, in welchen sich die Elemente im Thier- und Pflanzenkörper befanden. Alle diese Formen und Verbindungen werden aufgelöst, nicht um sie für immer zu vernichten, sondern nur, um sie nach einer anderen Richtung hin für die Oekonomie der organischen Natur nutzbar zu machen. Fäulniss- und Vermoderungsprocesse sind daher nicht eigentlich Processe der Zerstörung, sondern nur Processe der Umwandlung und dadurch die Quelle der Ernährung für eine grosse Klasse lebender Geschöpfe, ja für die gesammte Pflanzenwelt. Sie führen der Pflanzenwelt die von der lebenden Natur verbrauchten und als unbrauchbar aus dem Haushalt ausgeschiedenen Stoffe in einfachster anorganischer Form, als Gase, Wasser, Salze und Erden wieder zu. Aber damit ist die Beziehung jener niedersten Wesen, welche wir als die typischen Bewohner faulender Stoffe kennen gelernt haben, zu den Fäulnissprocessen noch keineswegs erschöpft.

Man hatte sich immer schon in der Pflanzenphysiologie danach gefragt, welchen Kräften diese microscopischen Organis-

men, die Hefenpilze und Schizomyceten, welche des Chlorophylls entbehren, die Anregung zur vegetativen Lebensthätigkeit verdanken. Von den chlorophyllführenden, höher entwickelten Pflanzen wissen wir, dass vorzugsweise die lebendige Kraft des Sonnenlichtes diejenige Kraftquelle ist, welche in den Blättern der Pflanze die Spaltung der atmosphärischen Kohlensäure in gewebsbildenden Kohlenstoff und in ausgeathmeten Sauerstoff bewirkt. Während die wurzeltragende Pflanze alle ihre mineralischen Nährstoffe grösstentheils aus dem Boden und dem Wasser aufsaugt, bildet sie den wichtigsten Bestandtheil ihres Zellenleibes, die Kohlenwasserstoffverbindungen und die N-haltigen Proteine, fast ausschliesslich aus der Kohlensäure und dem Ammoniak der Luft. Diese durch das Chlorophyll vermittelte assimilirende Kraft fehlt aber jenen niedersten Geschöpfen der Pflanzenwelt; erfahrungsgemäss bedürfen dieselben zu ihrer Vegetation weder des Sonnenlichts, noch besitzen sie überhaupt eine dem Chlorophyll analoge Verbindung.

Man hat sich dieser Erscheinung gegenüber gewöhnlieh mit der Erklärung begnügt, dass die chlorophylllosen kleinsten Organismen, welche bezüglich ihrer Ernährung auf sich zersetzende organische Substanzen angewiesen sind, diesen Substanzen die frei gewordenen organischen Verbindungen direct entnehmen. Diese Annahme ist jedoch, wie die Möglichkeit ihrer Züchtung in einfachen mineralischen Nährsalzlösungen beweist, unrichtig. Weder bedürfen Schizomyceten und Hefezellen zu ihrer Ernährung vorgebildeter organischer Substanz, noch sind sie überhaupt im Stande, die Eiweissstoffe und Proteinverbindungen in unzersetzter Form zu assimiliren. Es müssen also bei der Zersetzung organischer Materie noch andere Kräfte vorhanden sein, welche den Aufbau des Protoplasmas ihrer Zellen aus anorganischen Stoffen vermitteln. Diese Kräfte scheinen gegeben in der bei der Zersetzung sich entwickelnden Wärme.

Schon aus theoretischen Gründen ist es wahrscheinlich, dass die Zerlegung der fäulnissfähigen organischen Verbindungen in anorganische nicht vor sich gehe, ohne dass bei dieser Auflösung Kräfte frei werden. Ueberall, wo complicirte Verbindungen in einfachere zerlegt werden, wird zugleich eine Summe von Spannkräften umgewandelt in lebendige Kraft, ebenso wie für die Bildung complicirt zusammengesetzter Verbindungen aus einfachen

Stoffen ein gewisses Maass lebendiger Kraft erforderlich ist, welche umgesetzt wird in Spannkraft.

Pasteur hat nun meines Wissens zuerst die Beobachtung gemacht, dass bei der Fäulniss organischer Substanzen in der That Wärme frei wird. Er fand in gärenden zuckerhaltigen Flüssigkeiten, deren Temperatur er mit derjenigen der Aussenluft verglich, dieselbe constant um mehrere Zehntelgrade erhöht. Diese Beobachtung ist für die Alkoholgärung wiederholt gemacht und allseitig bestätigt worden. Für andere Gärungen sind zuverlässige Beobachtungen, aus welchen man über die Wärmeentwickelung Schlüsse ableiten könnte, bis jetzt nicht bekannt geworden.

Ebenso zeigte Popoff[1]) für die Fäulniss des ameisensauren Kalkes, welcher hierbei vollständig in Kohlensäure und Wasser zerfällt, dass diese Zersetzung gleichfalls mit Wärmeentwickelung verbunden ist; die Temperatur im Inneren der Kolben überstieg die Aussentemperatur um 0,9—1° C. Bei der fermentativen Umwandlung von Amylumkleister zu Dextrin und Zucker durch Pankreassecret beobachtete ferner Hoppe-Seyler eine Steigerung der Temperatur um einige Zehntelgrade, welche sich längere Zeit auf dieser Höhe constant erhielt[2]). Ich selbst endlich habe in hohen Cylindern, welche mit intensiv faulem Blut angefüllt waren, bei der Messung mit einem empfindlichen Normalthermometer die Temperatur der Flüssigkeiten um 0,4—0,8, einmal sogar um 1,1° C. höher als die umgebende Zimmerluft gefunden.

Auch die einfache Beobachtung der Vorgänge in der Natur bestätigt diese Erfahrung. Es ist bekannt, dass die in steter Zersetzung begriffenen Düngerhaufen in ihrem Innern stets wärmer sind, als die umgebende Luft. Wenn ein solcher Misthaufen zur kalten Winterszeit aufgegraben und abgefahren wird, sieht man ganz gewöhnlich die blossgelegten Stellen dampfen, was sich eben aus der Temperaturdifferenz zwischen der äusseren Luft und dem Innern des Düngerhaufens erklärt. In einigen Gegenden wird auch Mist vielfach zum Bedecken von Kellerlöchern, von junger Saat u. s. w. benutzt, um dieselben vor der Einwirkung der Winterkälte zu schützen. Manche Thiere endlich benutzen faulende und

---

[1]) L. Popoff: Ueber die Sumpfgasgärung. Pflüger's Archiv für die gesammte Physiologie, Bd. X, S. 116.

[2]) Hoppe-Seyler: Ueber Fäulnissprocesse und Desinfection. Medicinisch-chemische Untersuchungen. 1872, Heft 4, S. 574.

modernde Stoffe, um darin ihre Brut zur Entwickelung gelangen zu lassen; es ist dies namentlich von den Eiern und Larven vieler Insecten bekannt, welche Düngerstoffe und faulende Thierleichen nicht selten in dichten Schwärmen bevölkern.

Dass also bei Gärungs- und Fäulnissprocessen mit der chemischen Metamorphose der Substanz auch ein gewisses Quantum Wärme frei wird, scheint mir durch die angeführten Beobachtungen hinlänglich erwiesen. Ebenso ist es für die niedersten chlorophyllosen Organismen dargethan, wie nothwendig sie der Wärme zu ihrer Ernährung und Vermehrung bedürfen; die Züchtung von Hefepilzen und Schizomyceten in einer mineralischen Nährsalzlösung gelingt niemals, wenn ihnen nicht künstlich diese erforderliche Wärme, sei es durch die natürliche Wärmequelle unserer atmosphärischen Luft, die Sonne, oder sei es durch künstliche Erwärmung im Brutapparat, zugeführt wird. Aus diesem Grunde wird man nur Hoppe-Seyler beistimmen können, wenn er sagt: „Nach alledem, glaube ich, kann es nicht zweifelhaft sein, dass bei allein diesen Fermentationen Wärme frei wird, dass eine grosse Klasse der niedrigsten Organismen, so wie wir es von der Bierhefe wissen, von diesen Processen leben, indem sie weder wie grüne Pflanzen aus dem Sonnenlicht und der Sonnenwärme, noch wie die Thiere aus der Affinität des Sauerstoffs ihre Kräfte schöpfen, sondern auf die relativ geringen Kräfte angewiesen sind, die bei dem Zerfall complicirter organischer Stoffe in einfachere, anorganische frei werden. Diesen Verhältnissen entsprechend entwickeln und vermehren sich niedere Organismen in gärenden Flüsigkeiten.“

Fünftes Capitel.

Die Bedingungen der Fäulniss.

Eintheilung. A. Chemische Bedingungen: 1) Absoluter Tod des Gewebes. Scheinbare Fäulniss in lebenden Geweben. Necrose und Necrobiose. 2) Zersetzungsfähigkeit der Substanz. Der fäulnissunfähige Knochen. Versteinerte Gewebe; Kreide und Infusorienerde. — B. Physikalische Bedingungen: 1) Das Wasser. Wirkung des Wassers. Einfluss desselben auf den zeitlichen Verlauf der Fäulniss. Verschiedener Wasserreichthum der Gewebe. Die Wasserentziehung als fäulnisswidriges Mittel: a) totale Wasserentziehung (Trocknung). Getrocknete oder gedörrte Thier- und Pflanzenstoffe; getrocknete Nahrungsmittel (comprimirte Gemüse, Tafelbouillon, condensirte Suppen, Leguminosen-Fleischpräparate). b Partielle Wasserentziehung (Eindickung). Eingedickte Fruchtsäfte und Pflanzenextracte. Condensirte Milch; Liebig's Fleischextract. Die Trockenlegung von Sümpfen. Wasserentziehende Chemikalien. — 2) Die Luft. Bestandtheile derselben. Nothwendigkeit des Sauerstoffs. Bedeutung des atmosphärischen Staubes. Die antiseptische Wirkung des Luftabschlusses. Darauf begründete Methoden der Conservirung von Nahrungs- und Genussmitteln. Dosenfleisch; Gemüseconserven; Fabrikation haltbarer Speisen. — 3) Wärme. Die Temperaturgrenzen der Fäulniss. Uebereinstimmung derselben mit denjenigen des Lebens. Die Siedehitze (Glühhitze) und die Kälte als fäulnisshemmende Mittel. — 4) Ruhe des faulenden Theils. Unterschied stagnirender und bewegter Stoffe (Gewässer, Fäcalien und Abfallstoffe, Wundsecrete). Antiseptische Wirkung der Bewegung. Die Canalisation und Drainage. — 5) Ruhe des umgebenden Mediums (Wasser und Luft). Art dieses Einflusses. Die Bewegung des Wassers und der Luft als fäulnisshemmendes Mittel. Die Spülung (Irrigation) und die Lüftung (Ventilation). Periodische und permanente Spülung bezw. Lüftung. — — Gleichheit der Fäulnissbedingungen mit denjenigen des Lebens. Coincidenz von Fäulniss- und Lebensprocessen. Bedeutung dieser Erscheinung für die Oekonomie der organischen Natur und den Kreislauf der Stoffe in derselben.

Aus den bisher besprochenen Erfahrungen über Fäulniss haben wir die Ueberzeugung gewonnen, dass Fäulniss- und Vermoderungsprocesse einerseits eine grosse Wichtigkeit für die Erhaltung des Stoffes in der organischen Natur besitzen und ein wesentlicher, ja vielleicht der wesentlichste Factor für die Ernährung des Pflanzenreichs bilden, andererseits aber für das Leben der höher entwickelten Thiere und des Menschen eine nicht blos unbequeme und lästige, sondern sogar gefährliche Naturerscheinung sind. So sehr

wir daher unsere Sorge darauf richten müssen, der lebenden Pflanze, welche uns späterhin als Nahrung dienen soll, faulende Stoffe zuzuführen und die Fäulniss der Excremente für landwirthschaftliche Zwecke zu unterhalten, ebenso sehr drängt uns die Pflicht der Selbsterhaltung dahin, faulende Stoffe von der Berührung mit unseren Hausthieren und den Menschen möglichst fern zu halten und Zersetzungsprocesse, die durch ihre Giftigkeit unserem Leben Gefahr drohen, geradezu zu unterdrücken.

Die Auffindung von Mitteln zur Bekämpfung der Fäulnissprocesse im Bereich der Städte und Wohnungen bildet gegenwärtig einen hervorragenden und mit Eifer gepflegten Theil der öffentlichen und privaten Gesundheitspflege. Bisher geschah die Auswahl solcher Mittel in der Regel, der Gewohnheit des Volkes entsprechend, auf rein empirischem Wege, insofern man Substanzen oder oder Verfahrungsweisen in Anwendung zog, welche sich durch die Erfahrung oder durch irgend einen Zufall, seltener durch geordnete Beobachtung (Experiment) als fäulnisswidrig erwiesen hatten. Es ist aber klar, dass eine sichere und wirksame Bekämpfung der Fäulnissprocesse nur erzielt werden kann, wenn man in das Wesen derselben und in die Bedingungen, unter welchen sie zu Stande kommen, eine klare Einsicht gewonnen hat. Es muss daher jeder rationellen Antisepsis eine genaue Kenntniss der Bedingungen der Sepsis zu Grunde gelegt werden. Erst wenn man ermittelt hat, welche Bedingungen erfüllt sein müssen, damit die faulige Zersetzung zu Stande kommen kann, wird man in der Lage sein zu beurtheilen, welche Bedingungen das Zustandekommen dieser Zersetzung hindern.

Die Erfahrung zeigt nun zwar, dass diese Bedingungen in der Natur für gewöhnlich alle gegeben sind, so dass es schwer erscheint, durch blosse Beobachtung dieselben im Einzelnen aufzufinden. Allein wir besitzen ein bequemes Mittel, die Bedingungen mit aller Genauigkeit festzustellen, in dem Experiment, indem wir fäulnissfähige Stoffe künstlich der Zersetzung unterwerfen und durch beliebige Modification der hierbei vorhandenenen äusseren Momente diejenigen Einflüsse studiren, welche den Eintritt bezw. den Verlauf der Zersetzung im gegebenen Falle begünstigen oder hemmen. Aber auch in der freien Natur sind die fast stets in ihrer Gesammtheit gegebenen Bedingungen nach Ort, Klima und Jahreszeit doch so häufigen Schwankungen unterworfen, dass wir

schon hieraus die hemmenden und begünstigendenEinflüsse ermitteln können. Fäulnissprocesse, welche im Gange sind, stehen zu gewissen Zeiten plötzlich still oder verlaufen langsamer, und umgekehrt treten erloschene Processe zu gewissen Perioden wieder ins Leben, je nachdem die eine oder die andere dieser Bedingungen vorhanden war oder fehlte. Es gehört eben zum Zustandekommen von Fäulniss immer die Gesammtheit dieser Bedingungen; das Fehlen einer derselben genügt, die Fäulniss zu unterbrechen oder zu verhindern.

Man muss zwei Gruppen von Fäulnissbedingungen unterscheiden, **A. chemische** und **B. physikalische.**

Zu den chemischen Bedingungen gehört, 1) dass eine organische Substanz todt, d. h. ihres selbstständigen, vitalen Chemismus beraubt sei. Kein lebendes thierisches oder pflanzliches Gewebe kann je direct faulen; immer müssen die vitalen Vorgänge des Stoffwechsels, der Ernährung und Assimilation erst erloschen sein, bevor die entgegengesetzten Vorgänge der Zersetzung Platz greifen können. Man hört zwar nicht selten im gewöhnlichen Leben von Laien sagen, dass Jemand, z. B. ein Kranker, „bei lebendigem Leibe verfault“ sei. Ein solcher Vorgang ist jedoch aus früher erörterten physiologischen Gründen unmöglich. Es ist nicht denkbar, dass irgend ein lebender, wenn auch erkrankter (entzündeter) Gewebstheil direct in Fäulniss übergehen könne; immer muss der fauligen Zersetzung der Tod dieses Theiles vorausgehen.

Solche Mittheilungen reduciren sich gewöhnlich auf das bekannte Ereigniss, dass irgend ein Organ des lebenden Körpers in Folge krankhafter Processe abstirbt (Necrose, Brand) und dann nachträglich faulige Zersetzung erleidet, wie wir dies schon früher für die feuchte Gangrän kennen gelernt hatten. Der tödtliche Ausgang ist aber in einem solchen Falle nicht dadurch bedingt, dass das lebende Individuum einfach „verfault“ wäre, sondern durch die Résorption giftiger Stoffe von dem circumscripten Fäulnissherde aus, d. h. also durch putride oder septische Infection.

Auch bei künstlicher Einbringung fauliger Stoffe unter die Haut von Thieren folgt der Fäulnissprocess dem Absterben der vergifteten Gewebe oft so schnell, dass gewisse Pathologen den für die Biologie zweifellos unrichtigen Satz aufgestellt haben: „Fäulniss erzeugt Fäulniss“. Allein auch bei diesen ungemein acut verlaufenden gangränescirenden Processen lässt sich nachweisen, dass

zwischen dem Eintritt der Fäulniss in den Geweben und der septischen Infection derselben noch eine ganze Reihe von Veränderungen liegt, welche durch die septische Localerkrankung charakterisirt sind; erst in Folge dieser tritt der Tod der Gewebe und im Anschluss daran weiterhin die Fäulniss derselben ein. Nur die relative Schnelligkeit, mit welcher diese drei Zustände auf einander folgen, nur das schnelle Umsichgreifen und baldige Vorherrschen der Putrescenz im erkrankten Organ und endlich das innige Nebeneinander von scheinbar gesunden und bereits faulenden Geweben lässt die natürliche Reihenfolge der einzelnen Glieder des Processes übersehen und führt zu der irrigen Vorstellung, als habe die Fäulniss in dem lebenden Gewebe sich unmittelbar weiter verbreitet.

Es giebt noch eine Reihe von Veränderungen, die den fauligen unzweifelhaft analog oder nahe verwandt sind, aber doch nicht gerade als septisch bezeichnet werden können, weil die Gewebe, in denen sie ablaufen, noch nicht vollständig todt sind, sondern erst durch diesen Process ertödtet werden. Hierher gehören die mannigfachen krankhaften Metamorphosen, welche in Theilen Platz greifen, die durch irgend welche Ernährungsstörung in ihrer natürlichen Function beeinträchtigt sind, z. B. die Fettmetamorphose der Muskeln und der parenchymatösen, drüsigen Organe, die amyloide Degeneration der Muskeln, die mucinöse Degeneration epithelialer Gebilde u. a. Bei allen diesen Vorgängen beginnt der chemische Umsetzungsprocess in ursprünglich noch lebenden zelligen Elementen, führt aber schliesslich nothwendig zum Tode derselben und stellt gewissermassen schon einen Voract der nach dem Tode in diesen Theilen ablaufenden Metamorphosen dar. Man hat daher diese Gruppe von Veränderungen als necrobiotische bezeichnet und in der Pathologie damit hart an die Grenze der necrotischen gestellt.

Wenn auch bei diesen Processen die Unterscheidung von den fauligen meist nicht schwer ist, so wird dieselbe doch erheblich schwer an gewissen Geweben, welche von dem lebenden Organismus zwar ausgeschieden, aber mit ihm noch in directer Verbindung sind, insbesondere an abgekapselten Eitermassen und an extravasirtem, von den Geweben eingeschlossenem Blut. Hier ist es in der That oft schwer zu sagen, ob die zelligen Elemente des Blutes und Eiters unter den veränderten Nutrititionsbedingungen

noch als lebende zu betrachten sind. Gewöhnlich nehmen wir an solchen Extravasaten nur passive Veränderungen wahr, welche aus dem mehr oder weniger lebhaften diffusionellen Verkehr mit den umgebenden Geweben und Gefässen resultiren, nämlich Eindickung (Inspissation), Fettmetamorphose und Verkäsung; aber niemals gewahren wir Anzeigen, dass die extravasirten Zellen des Blutes und Eiters unter diesen Bedingungen ihre natürlichen Functionen weiter ausgeübt hätten. Die praktische Chirurgie liefert sogar ab und zu Beispiele dafür, dass geradezu faulige Veränderungen in solchen stagnirenden Eiterherden und Blutresten ablaufen können; es beweisen dies die gar nicht seltenen jauchigen, mit stinkenden Gasen untermischten subcutanen Abscesse, ferner die örtlichen Entzündungen und die allgemeinen (septischen) Fiebererscheinungen, welche abgekapselte Exsudate und Extravasate bisweilen begleiten.

Im Grossen und Ganzen kann es also als ein ziemlich allgemeingiltiger, feststehender Satz betrachtet werden, dass ein lebender Organismus oder ein abgetrennter Theil desselben biologisch todt sein muss, damit die Fäulniss in ihm Platz greifen könne. Daraus folgt aber noch nicht, dass eine jede Substanz, welche abgestorben ist, nun auch in Fäulniss übergehen müsse. Vielmehr finden wir bei der Zersetzung des thierischen Leichnams, gleichviel unter welchen Bedingungen, immer einzelne Organe, welche trotz des unzweifelhaft eingetretenen Todes nur sehr wenig oder gar nicht durch die Fäulniss verändert werden. Es gehört eben zum Zustandekommen der Fäulniss noch mehr, nämlich 2) dass das todte thierische oder pflanzliche Gewebe auch chemisch zersetzungsfähig ist.

Es giebt nicht viele Stoffe und nicht viele Gewebe, welche der Fäulniss widerstehen. Selbst sehr derbe, im Wasser an und für sich unlösliche Theile, wie z. B. die Sehnen, das elastische Gewebe, der Knorpel und die Cellulose, unterliegen, wie wir bei der Betrachtung der einzelnen Organe sahen, doch schliesslich auf dem Wege der fortschreitenden chemischen Metamorphose der Erweichung und Auflösung. Sogar die festen, hornartigen Gebilde, wie die Hörner und Hufe der Säugethiere, die Federn der Vögel, die Schuppen der Fische und Amphibien und die Chitinpanzer der Crustaceen, können, wenn auch langsam, durch die Fäulniss zerstört werden. Die einzige Ausnahme von allen

thierischen und pflanzlichen Geweben macht nur der Knochen, welcher in der That durch Fäulniss unauflöslich erscheint. Die oft Jahrtausende alten fossilen Skeletttheile, welche uns in ihren Formen längst untergegangene Arten und Geschlechter aus der Fauna früherer Erdperioden vor die Seele führen, sind Zeugen der fast absoluten Unveränderlichkeit des Knochengewebes.

Nur in einem Falle geht auch der Knochen weitere, selbst faulige Veränderungen ein, wenn er nämlich seiner Kalksalze, welche seine Unlöslichkeit bedingen, zuvor beraubt ist. Man erreicht dies künstlich durch Maceration desselben mit verdünnten Säuren, namentlich Salzsäure, welche die mineralischen Bestandtheile des Knochens in lösliche Modificationen überführen. Dies kann auch unter Umständen auf natürlichem Wege erfolgen, wenn der Erdboden, in welchem Cadaver faulen, ungebundene Säuren enthält, wie die an Humussäuren reichen Torfböden, überhaupt überall da, wo gleichzeitig pflanzliche Stoffe in Vermoderung begriffen sind. Knochen, welche aus solchen Erdarten nach längerer Zeit wieder ausgegraben werden, haben fast immer ein rauhes, poröses und zerfressenes Aussehen.

Auch pathologisch gewahrt man bisweilen Aehnliches, z. B. bei der Caries und Necrose der Knochen, wo das abgestorbene Knochenstück (Sequester) bei der Exfoliation gewöhnlich wie zernagt aussieht, morsch ist und weite Poren zeigt. Auch hier wird die Einschmelzung wahrscheinlich bewirkt durch pathologisch sich bildende freie Säuren, insbesondere Fleischmilchsäure oder Kohlensäure, welche mit dem umgebenden Eiter den todten Knochen umspülen. Auch Elfenbeinzapfen, welche zur Heilung von Pseudarthrosen in den Knochen eingetrieben werden, bieten bei ihrer Herausnahme ganz ähnliche corrosive Veränderungen dar. Man kann aus dieser Thatsache schliessen, dass die scheinbare Unverwüstlichkeit des Knochens nicht auf der chemischen Unveränderlichkeit desselben beruht, sondern nur auf der Unlöslichkeit der Kalksalze, mit welchen das eigentliche Knochengewebe imprägnirt ist. Gelingt es, durch irgend welche chemischen Mittel die Auflösung dieser Kalksalze künstlich hervorzubringen, so theilt das zurückbleibende organische Gerüst des Knochens das Schicksal aller übrigen bindegewebigen Theile nämlich das der Erweichung und Verflüssigung. Versuche mit völlig decalcinirten Knochen, welche bis zur Neutralität ausgewaschen

und mit Wasser übergossen werden, oder auch mit pulverisirter Knochensubstanz (Aeby) bestätigen diese Voraussetzung vollkommen; die Fäulniss des Knochens geht in diesem Falle ganz ähnlich vor sich, wie bei Knorpeln und Sehnen.

Einen weiteren Beweis, dass die Unveränderlichkeit des Knochens durch Fäulniss nur auf der Unlöslichkeit seiner Kalksalze beruht, liefern uns die Versteinerungen der Gewebe. Es ist bekannt, dass verkalkte extrauterine Leibesfrüchte (die Lithopaedien) jahrelang, ja zeitlebens von der Mutter getragen werden können, ohne irgend welche Veränderungen zu erleiden und namentlich ohne zu faulen. Dasselbe ist der Fall bei einer Reihe von Geschwülsten, z. B. bei Fibromen, Enchondromen, Carcinomen und Tuberkeln, welche durch den Process der Petrification für den Organismus unschädlich gemacht werden. Ohne Zweifel gehören auch manche Concremente, welche in den Flüssigkeiten des Organismus auf organischer Grundlage (Schleim, Epithelien, Fremdkörpern) sich bilden, in die Kategorie derjenigen Stoffe, welche durch die Versteinerung fäulnissunfähig werden; ferner die Korallen, Muscheln und Kalkgerüste vieler Seethiere, die Kieselhüllen der Algen und Infusorien. Am grossartigsten aber tritt uns die Dauerhaftigkeit petrificirter Wesen an jenen mächtigen Fels- und Gesteinbildungen entgegen, welche nach Ehrenberg's Untersuchungen fast ganz aus verkalkten oder verkieselten Infusorien und microscopischen Algen (Diatomeen) bestehen; hierher gehören die Kreidefelsen auf der Insel Rügen, der Polirschiefer von Bilin in Böhmen, die Infusorienerde u. a. Nicht weniger als 500 Millionen verkreideter Infusorien (Monaden) sollen nach ihm in dem Raum einer einzigen Kubiklinie enthalten sein; noch heute kann man nach Auflösung der incrustirenden Mineralien ihre ursprüngliche Gestalt unverändert wieder erkennen. —

Im Grossen und Ganzen also, können wir sagen, ist eine organische Substanz im chemischen Sinne fäulnissfähig, wenn sie aller ihrer Lebenseigenschaften vollkommen entkleidet und weder verknöchert noch versteinert ist. Und dennoch geht eine solche Substanz nicht immer in Fäulniss über. Es gehört dazu noch B. die Mitwirkung gewisser **physikalischer** Momente, welche mannigfaltiger sind als die ersteren und den Eintritt sowie den Verlauf der Fäulniss in hohem Maasse beeinflussen.

Wir hatten bereits bei der Betrachtung der Formen des

Unterganges todter thierischer Stoffe Beispiele kennen gelernt, welche uns die wichtige Bedeutung des Wassers für das Zustandekommen von Fäulnissprocessen zeigten. Faulende Cadaver, welche durch Wasserverdunstung an der Luft trockener wurden und mumificirten, sahen wir, verlieren hierdurch die Eigenschaft, durch Fäulniss weiter zersetzt zu werden. In dem Maasse, als thierische Gewebe durch Eintrocknung ihren Gehalt an Wasser verlieren, schreitet auch die Zersetzung langsamer fort und steht endlich gänzlich still, wenn der Vorrath an Wasser erschöpft ist. Trockene thierische und pflanzliche Stoffe sind daher fäulnissunfähig und können, wie uns die Mumien, die ausgestopften Thiere in zoologischen Museen, getrocknete Häute und anatomische Präparate, endlich aus dem Pflanzenreich das Heu, Stroh und Nutzholz zeigen, viele Jahre hindurch völlig unverändert erhalten werden. Dass lediglich hier Wassermangel die Ursache des Stillstandes fauliger Veränderungen ist, ergiebt sich unter anderem auch daraus, dass die Fäulniss wieder eintritt und fortschreitet, wenn die genannten Substanzen angefeuchtet oder in Wasser hineingelegt werden.

Und selbst bei den einzelnen Geweben des Thier- und Pflanzenkörpers erweist sich der Gehalt an Wasser auf den zeitlichen Verlauf der Zersetzung von Einfluss. Flüssige Gewebe und Stoffe, z. B. Blut, Eiter, Lymphe und Pflanzensäfte, werden bekanntlich immer am schnellsten und vollständigsten zersetzt; nächstdem folgen die weichen, noch relativ wasserreichen Gewebe, die Milz, Leber, Muskeln und Blutgefässe, die grünen Pflanzentheile, Blätter und Stengel; während die festen, wasserärmeren Theile, das Bindegewebe, die elastischen Häute, Sehnen, Bänder, Knorpel und die Holzfaser (Cellulose), die längste Zeit zu ihrer vollständigen Auflösung gebrauchen. Wie bei den flüssigen und weichen Geweben Wasserverlust den Verlauf der Zersetzung verlangsamt, so kann man umgekehrt durch Wasserzusatz die Fäulniss der Gewebe beschleunigen. Gewöhnlicher Eiter fault trotz seines Wasserreichthums ungleich schneller, wenn derselbe noch um das 5—10fache seines Volumens verdünnt wird; ebenso zersetzt sich dünnflüssiger Eiter erfahrungsgemäss viel leichter, als guter rahmartiger Eiter. In alten Faulflüssigkeiten, in den Aufgüssen thierischer Gewebe, in denen die Zersetzung nur noch langsam fortschreitet oder kaum merklich ist, sieht man die Fäulniss häufig

von neuem mit voller Intensität wieder einsetzen, wenn man frisches Wasser hinzusetzt. Worauf diese Erscheinung wahrscheinlich beruht, wird später erörtert werden.

Die Bedeutung des Wassers bei der fauligen Zersetzung ist eine doppelte. Einestheils dient dasselbe als natürliches Lösungsmittel für alle flüssigen und löslichen organischen Stoffe, welche ja grösstentheils nur in diesem Zustande zersetzungsfähig sind; anderntheils trägt es wesentlich zu der Erweichung und Verflüssigung an und für sich unlöslicher Gewebe bei, indem es die Wirkung der fäulnisserregenden Agentien, welche diese Verbindungen in lösliche Modificationen überführen, unterstützt oder überhaupt ermöglicht. Neben dieser mehr physikalischen Wirkung hat das Wasser aber unzweifelhaft noch einen chemischen Antheil an der fauligen Zersetzung, insofern manche Spaltungsvorgänge, z. B. die Hydrationen, wie wir sahen, unter Aufnahme von Wasser vor sich gehen und andere, wie die Reductionen, zu ihrem Zustandekommen des aus dem Wasser gebildeten Wasserstoffgases (in statu nascenti) bedürfen. Beider Vorgänge haben wir bereits in einem früheren Capitel Erwähnung gethan.

Bei dieser Wichtigkeit, welche die Gegenwart von Wasser für das Zustandekommen fauliger Zersetzungen sowohl in physikalischer als auch in chemischer Beziehung hat, erscheint die Wasserentziehung als eins der wirksamsten und sichersten Mittel, Fäulniss zu verhindern oder zu unterbrechen. Dieses Mittel findet in der That seit Alters her praktische und nützliche Anwendung, insbesondere bei der Conservirung von Nahrungsmitteln.

Man unterscheidet 2 Grade der Wasserentziehung: a) die totale oder die Austrocknung (Exsication) und b) die partielle oder die Eindickung (Inspissation). Die erstere wird vorzugsweise bei consistenten thierischen und pflanzlichen Geweben, die letztere hauptsächlich bei Flüssigkeiten (Säften und Extracten) angewendet.

So trocknete man zu allen Zeiten das Fleisch und Gemüse, um es vor Zersetzung zu schützen und für längere Zeit geniessbar zu erhalten. Dieses Trockenfleisch hat sich indessen nicht bewährt; es erleidet an der Luft Oxydationen und wird mit der Zeit ranzig. Gemüse wird dagegen noch heute vielfach getrocknet; in Büchsen fest zusammengepresst, bleibt es gewöhnlich lange Zeit schmackhaft. Solche „comprimirten Gemüse“

haben sich namentlich auf Schiffen während langer Seereisen, in Feldzügen und bei Belagerungen als dauerhafte Nahrungsmittel bewährt. Dass die Lappländer auf dieselbe Weise ihr Rennthierfleisch conserviren, ebenso die Anatomen ihre Präparate, die Zoologen ihre Species und Genera und die Botaniker ihre Herbarien, ist bereits früher erwähnt worden. Bei einer ganzen Reihe von Früchten, bei Cerealien und Leguminosen, bei Trauben (Rosinen), Feigen, Pflaumen und manchem Kernobst (Backobst) ist das Trocknen ein uraltes Mittel, Gärung und Vermoderung in denselben zu verhüten.

Das Verfahren der Eindickung (Inspissation) wird bei allen flüssigen Stoffen geübt, insbesondere bei der Bereitung der pflanzlichen Extracte. Es sind dies Pflanzensäfte oder wässerige (alkoholische) Auszüge von Pflanzentheilen, welche durch Verdampfen des Wassers bis zu einem gewissen Grade eingedickt oder auch vollständig getrocknet werden (zähflüssige und trockene Extracte). Während frische Pflanzensäfte, z. B. frischer Saft von Trauben und Früchten, bei Luftzutritt schon in wenigen Tagen gärungsartige Zersetzungen erleiden, halten sich solche eingedickten Extracte Monate und Jahre lang unverändert. Als Beispiel hierfür dienen die zahlreichen Pflanzenextracte unserer Apotheken, ferner die bis zur Syrupconsistenz eingedickten zuckerreichen Säfte der Zuckerrüben (Melasse), der Runkelrüben und Mohrrüben (Kreude), der Aepfel (sogen. Apfelkraut) u. s. w., welche in manchen Gegenden Deuschlands im Grossen zubereitet und von der ärmeren Klasse der Bevölkerung als Nahrungsmittel benutzt werden.

In neuerer Zeit hat man auch vielfach angefangen, eine ganze Reihe thierischer Flüssigkeiten durch dasselbe Verfahren des Eindampfens haltbar und conservirbar zu machen. Hierher gehört zunächst die condensirte Schweizermilch, ein syrupartiges Extract, welches durch langsames Eindampfen, gewöhnlich verbunden mit einem künstlichen Zusatz von Milchzucker, dargestellt wird und sich wegen seiner Haltbarkeit, Reinheit und leichten Transportirbarkeit einer allgemeinen Beliebtheit erfreut. Auf ähnliche Weise wird auch das bekannte Liebig'sche Fleischextract gewonnen; es ist dies ein bis zur Extractconsistenz eingedickter, wässeriger Auszug aus reinem, fettfreien Muskelfleische, welcher in grossen Massen in den rindviehreichen Pampas von La Plata in Südamerika nach Liebig's Methode dargestellt und aus Fray

Bentos und Buenos Ayres in Europa eingeführt wird. Die grosse Haltbarkeit dieses Präparats beruht wahrscheinlich nicht allein auf dem Mangel an Wasser, sondern auch auf dem Fehlen der leicht faulenden Albuminate und Leimstoffe.

Aber nicht blos den Saft des rohen Fleisches, sondern vollständig zubereitete Decocte desselben (Bouillon) hat man durch Verdampfen des Wassers dauerhaft gemacht; der so erhaltenen leimreichen Tafelbouillon entsprechen unter den Amylaceen die condensirten Suppen (Reissuppen, Erbsensuppen, Linsensuppen u. a.).

In grossem Maassstabe gelangt dies Verfahren zur Anwendung beim Trockenlegen feuchten Ackerlandes mittelst Anlegung von Rinnsalen und Sammelröhren (Drains, Drainage), durch welche das im Ueberfluss vorhandene Wasser abgeleitet wird. Dies Verfahren geschieht allerdings weniger, um die Vermoderungsprocesse in den stehenden Gewässern zu verhüten, als um unfruchtbares, brachliegendes Terrain in ertragreiches Ackerland zu verwandeln. Aber auch in hygienischer Beziehung erscheint mir dieses Mittel ausserordentlich wichtig; denn wenn wirklich die Ursache der Malariakrankheiten in der Vermoderung der Vegetabilien in Sümpfen und wasserreichen Niederungen zu suchen ist, und wenn gerade der Wasserreichthum des Untergrundes solcher Gegenden eine wesentliche, ja wahrscheinlich die wesentlichste Bedingung für das Zustandekommen dieser Processe ist, so kann es begreiflicherweise kein wirksameres Mittel geben, den deletären Einfluss der Sumgfgegenden auf die Gesundheit der Bewohner zu beseitigen, als die Austrocknung derselben durch Anlage von Kanälen und Gräben und Umwandlung der moorigen Gefilde in grasreiche Wiesen oder in fruchtbares Ackerland. Wie hierbei schon die Ableitung des Wassers für sich die Vermoderung beschränkt und die gesunde Vegetation begünstigt, so dient andererseits auch das Wachsthum von Pflanzen wiederum dazu, die Producte der Vermoderung für Thiere und Menschen unschädlich zu machen.

Aehnlich der Austrocknung wirken auch einige chemische Agentien, z. B. die Mineralsäuren und die Metallsalze, nämlich wasserentziehend auf die Gewebe. „Alle Substanzen, welche Wasser binden oder entziehen, heben diese Processe (Gärung und Fäulniss) auf, wenn sie in genügender Quantität den gärenden oder faulenden Flüssigkeiten zugesetzt werden“ (Hoppe-Seyler). Offenbar aber combinirt sich hier jene rein physikalische Action mit

gewissen, noch nicht zu übersehenden chemischen Wirkungen, z. B. mit der Bildung neuer, vielleicht unlöslicher Verbindungen, mit der Einwirkung auf Fermente und lebende Organismen, so dass die Erklärung der thatsächlich fäulnisswidrigen Eigenschaften dieser Mittel vor der Hand wohl noch eine unsichere ist. —

Eine zweite Bedingung für das Zustandekommen von Fäulniss ist die Gegenwart von atmosphärischer Luft. Es ist eine alte und in neuerer Zeit durch Experimente vollkommen sicher gestellte Erfahrung, dass Fäulnissprocesse, um fortschreiten zu können, der Zuleitung der Luft bedürfen, dass die Fäulniss sich verhindern lässt, wenn man die Substanzen vor dem Zutritt der Luft bewahrt, und umgekehrt Fäulniss eintritt, wenn man die atmosphärische Luft zu der fäulnissfähigen Substanz frei hinzutreten lässt.

Die Erfüllung dieser Bedingung hat auch für gewöhnlich in der Natur gar keine Schwierigkeit, da die Luft überall vorhanden ist. In dieser Beziehung zeigt eben die atmosphärische Luft eine weit grössere Regelmässigkeit, ja Constanz in der Natur, als das Wasser. Während das Wasser nur in bestimmter Vertheilung auf der Erdoberfläche und in der organischen Natur vorkommt und in dem Maasse seines Vorhandenseins überdies noch durch die Vorgänge der Verdunstung und Austrocknung erheblichen Schwankungen unterworfen ist, umgiebt die Luft die Oberfläche der Erde in ganz gleichmässiger Vertheilung, alle Räume und alle Lücken erfüllend.

Der fäulnisserregende Einfluss der atmosphärischen Luft erweist sich in allen diesen Fällen dadurch, einmal dass die organischen Substanzen thatsächlich nicht faulen, so lange die Luft wirklich fern bleibt, und zweitens positiv darin, dass die Zersetzung alsbald eintritt, sobald zu den genannten Stoffen die atmosphärische Luft wieder freien Zutritt hat. In schadhaften oder geöffneten Fässern werden Bier und Wein bekanntlich in kurzer Zeit durch Essiggärung sauer; Töpfe mit eingemachten Früchten beginnen (bei nicht zu starkem Essiggehalt) sehr bald zu schimmeln und zu modern. Conservenbüchsen zeigen schon wenige Tage nach ihrer Eröffnung alle Zeichen der regulären Fäulniss; die schönsten Braten, die schmackhaftesten Suppen und Gemüse waren nach 2—3 Tagen schon völlig ungeniessbar, wenn Reste derselben, die bei der Mahlzeit übrig geblieben waren, aufbewahrt und im Manöver weiter mitgeführt wurden.

Dass also die Luft hier die Ursache des Eintritts der Zersetzungen ist, unterliegt keinem Zweifel. Es entsteht nun die Frage, wodurch die Luft diese fäulnisserregende Wirkung hat.

Wenn wir uns die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft genauer betrachten, so finden wir, dass dieselbe ein sehr buntes Gemisch der differentesten Stoffe darstellt, von denen die einen als constante und wesentliche, die andern als inconstante und zufällige Bestandtheile der Atmosphäre betrachtet werden können. Zu den ersteren rechnet man den Stickstoff und Sauerstoff, welche die Hauptmasse der Luft bilden, etwa im Verhältniss von 79 : 21. Daneben finden sich als unwesentliche und in ihren Mengen sehr wechselnde Bestandtheile der Luft Kohlensäure, Spuren von Ammoniak, salpetriger Säure und anderen gasigen Stoffen. Constant ist ferner eine Menge kleinster körperlicher Stoffe, welche als Staub durch den Luftstrom von den festen Gegenständen der Erdoberfläche mit fortgeführt werden. Die einzelnen Partikelchen dieses atmosphärischen Staubes sind meist so klein, dass sie bei der gewöhnlichen Beleuchtung des Tages nicht wahrgenommen werden; aber man erkennt ihr Vorhandensein theils an dem grauen Niederschlage welcher sich im Zimmer allmälig auf die Gegenstände senkt, theils direct an den zahlreichen feinen, glitzernden und bewegten Partikelchen, welche den Sonnenstrahl beleben, wenn er durch eine schmale Fensteröffnung in ein dunkles Zimmer fällt (Sonnenstäubchen). Diese Staubtheilchen sind zum Theil anorganischer, mineralischer Natur, zum grösseren Theil organischer Natur und bestehen aus kleinsten, abgelösten Trümmern der Thier- und Pflanzenwelt, aus Schüppchen, Fäserchen, Bröckeln, Krusten und Körnchen der verschiedensten Art, von lebendem und todtem Material. Auch organisirte Geschöpfe bevölkern die Luft, z. B. die Samenfäden und Pollenkörnern vieler niederen und höheren Gewächse, ferner die Cysten der Infusorien und anderer Protozoen, endlich die Keime (Sporen, Zellen) von Algen, Flechten, Schimmelpilzen, Hefen und Schizomyceten.

Kurzum, was wir Staub nennen, ist das bunteste Durcheinander von allerlei organischen und anorganischen, von lebenden und todten Fragmenten oder Individuen, gewöhnlich ein treues Abbild aller derjenigen Gegenstände, welche sich auf der Erde in dieser oder jener Oertlichkeit in Berührung mit der Luft befinden. Wie das Wasser bei seinem Hindurchtritt durch die verschiedenen

Erdschichten immer etwas von diesen Schichten mit hinwegnimmt und so, wenn es zu Tage tritt, in seiner Zusammensetzung gewissermassen den Spiegel des Erdreichs darstellt, welches es durchfloss, so kann man auch die jeweilige gasförmige und körperliche Zusammensetzung der atmosphärischen Luft als das Spiegelbild derjenigen Oertlichkeit betrachten, welche diese Luftmasse umspülte.

Welcher von allen diesen Bestandtheilen der atmosphärischen Luft ist nun für das Zustandekommen von Fäulniss und Vermoderung nothwendig? Diese Frage ist ausserordentlich schwierig zu entscheiden; sie lässt sich vor der Hand mit einiger Sicherheit nur für die gasigen Bestandtheile beantworten.

Paschutin hat zuerst den Einfluss der verschiedenen Gasarten auf den Fäulnissprocess genauer geprüft, indem er dieselben mit Muskelstückchen oder Muskelinfusen in langen Glasröhren einschmolz. Er kam dabei zu dem Ergebniss, dass von allen Gasen (N, O, CO_2, CO, N_2O) nur der Sauerstoff fähig ist, Fäulnissprocesse einzuleiten und zu unterhalten. Zwar können auch in indifferenten Gasarten primäre Spaltungsprocesse vorkommen, welche auf Muskelstücken bis zur Bildung von Tyrosin, in Flüssigkeiten sogar bis zum Auftreten von Schwefelalkali (Schwefelammonium) führen; allein niemals gehen diese Spaltungen weiter ohne die Zuleitung von Sauerstoff. Dies Ergebniss steht auch vollkommen im Einklang mit aber anderen chemischen und experimentellen Gründen, welche wir früher für die Nothwendigkeit des Sauerstoffs beigebracht hatten.

Allein der Sauerstoff an und für sich genügt erfahrungsgemäss nicht, den Einfluss der atmosphärischen Luft hinreichend zu erklären. Sehr häufig sehen wir organische Stoffe andauernd von sauerstoffhaltiger Luft berührt werden, ohne dass sie faulige Zersetzungen erleiden. So hatte Helmholtz mehrere Wochen lang gekochte Substanzen mit reinem elektrolytisch ausgeschiedenen Sauerstoffgas zusammengebracht und weder Gärung noch Fäulniss eintreten sehen. Hühnereier halten sich bekanntlich lange Zeit frisch, trotzdem der Sauerstoff der Luft durch die Poren der Kalkschale ungehinderten Zutritt hat; sie gehen dagegen schnell in stinkende Fäulniss über, sobald die Schale an irgend einer Stelle schadhaft geworden ist und nun unfiltrirte, staubhaltige Luft hindurchtritt. Subcutane Ergüsse seröser, eiteriger oder blu-

tiger Natur, welche beständig mit dem sauerstoffhaltigen Blute in Verkehr stehen, faulen an und für sich fast niemals; die Zersetznng tritt aber sofort ein, wenn diese Flüssigkeiten nach aussen entleert werden oder durch Punctionsöffnungen mit gewöhnlicher atmosphärischer Luft in Verbindung treten. Aus dem gleichen Grunde sieht man offene Wunden beständig, subcutane Wunden niemals eitern; ja, die neuere antiseptische Wundbehandlung lehrt uns, dass die Zersetzung der Wundsecrete und damit die Eiterung in offenen Wunden sich verhindern lässt, wenn die hinzutretende atmosphärische Luft durch Mull, Taffet, Gaze, Watte u. s. w. filtrirt oder auf irgend eine andere Weise von ihren körperlichen Elemente befreit wird.

Auch Paschutin [1]) fand, dass .die Zersetzung der Muskelstückchen weit schneller erfolgte in ungereinigter, als in geglühter atmosphärischer Luft; ebenso faulten von den einzelnen Organen des Frosches unter gewöhnlichen Bedingungen diejenigen am schnellsten und vollständigsten, welche während des Lebens sehr viel mit Luft in Berührung gewesen waren: in erster Linie Zunge, Lunge und Darm, nächstdem erst die inneren drüsigen Organe, Leber, Milz, Nieren, ferner das Gehirn und die Muskeln, und am langsamsten die Hoden, Nerven, Eier uud Eileiter.

Unzweifelhaft geht also aus allen diesen Beobachtungen hervor, dass neben dem Sauerstoff der Luft auch die festen, staubförmigen Bestandtheile einen wesentlichen Antheil an dem Zustandekommen fauliger Zersetzung haben. Die Richtigkeit dieses Satzes ist noch mit aller Schärfe nachgewiesen worden durch die einfachen und schönen Versuche der Panspermatiker (Schulze, Schwann, Schröder, v. Dusch u. A.), von denen später ausführlicher die Rede sein wird. Worin dieser Einfluss des atmosphärischen Staubes begründet ist und welche Bestandtheile jenes chaotischen Gemisches es nun im Speciellen sind, welche die Fäulniss anregen und einleiten, die organischen oder anorganischen, die organisirten oder leblosen Partikelchen, mit dieser theoretisch und praktisch wichtigen Frage werden wir uns gleichfalls später noch eingehend beschäftigen.

Luftfreie oder von der Luft gänzlich abgeschlossene or-

---

[1]) Virchow's Archiv, Bd. LIX, Heft 3 u. 4.



ganische Stoffe kommen in der Natur wohl nicht leicht vor. Selbst bei den inneren, von der atmosphärischen Luft nicht direct berührten Theilen des lebenden Thier- und Pflanzenkörpers ist immer noch durch die Circulation des Blutes und den Säftestrom der Gewebe ein indirecter Verkehr mit der umgebenden Atmosphäre möglich. Wohl aber erreichen wir den Luftabschluss künstlich, indem wir durch Erwärmen oder Kochen die Luft aus fäulnissfähigen Substanzen möglichst vollständig austreiben und die Substanzen alsdann in irdenen oder metallenen Gefässen luftdicht einschliessen. Die grosse Mehrzahl der gegenwärtig üblichen Methoden der Conservirung von Nahrungs- und Genussmitteln beruht auf diesem Verfahren des Luftabschlusses. So verhindern wir das Schal- und Sauerwerden von Wein und Bier durch Auffüllen auf ausgeschwefelte, luftdicht verpichte Fässer. Eingemachte Früchte conserviren wir durch Schmoren und Ueberziehen der Töpfe mit einer undurchlässigen Schicht Lack oder Pech. Frisches Fleisch hat man durch Einschmelzen in Paraffin lange Zeit vor Fäulniss geschützt. Gegenwärtig bedient man sich dazu des Kochens mit nachfolgendem Luftabschluss; und in den letzten Jahren ist diese Kunst der Conservirung durch die Versuche erfindungsreicher Industriellen so weit vorgeschritten, dass man nicht blos einzelne Stoffe, wie Fleisch, Gemüse u. dergl, sondern ganze Mahlzeiten, fix und fertig zubereitet, in Blechbüchsen luftdicht verlöthet, viele Monate lang geniessbar erhält.

Unter den Nahrungsmittelconsorven erfreuen sich namentlich die Fleischconserven einer zunehmenden Beliebtheit. Industrielle in Amerika und Australien kamen zuerst auf die fruchtbare Idee, die ungeheuren lebenden Fleischvorräthe der australischen und amerikanischen Weiden, welche den Consum des eigenen Landes weit übersteigen, den fleischärmeren und dichter bevölkerten Staaten Europas auf dem Wege des Seehandels zugänglich zu machen. Um den Transport des lebenden Viehes zu vermeiden und um gleichzeitig nur die nährenden Bestandtheile desselben in dauerhafter Form versenden zu können, verfiel man auf die Idee, das Fleisch bereits gekocht und in haltbarer Form zugerichtet auf den Markt zu bringen. Das beste Fleisch der Büffel und Ochsen wird zu diesem Zwecke in starke Blechbüchsen von 2—4—6 Pfund Inhalt, zugleich mit etwas Fett, fest eingepresst, alsdann der Deckel luftdicht auf-

gelöthet und die Büchse drei Stunden lang in siedendem Wasser gekocht. Die erhitzte Luft in der Büchse entweicht durch eine Oeffnung im Deckel, welche nach beendetem Kochen verlöthet wird. Die Blechbüchsen werden, um eine Zerstörung durch Rost zu vermeiden, gewöhnlich noch mit einem braunen Firniss überzogen. Solches „Dosenfleisch" hält sich 4—5 Jahre lang und noch länger.

Neben den australischen Ochsenfleischconserven erfreuen sich in neuester Zeit insbesondere die amerikanischen Conserven aus dem Staate Texas einer grossen Verbreitung. Daselbst hat Herr Monroë, der grösste Weiden- und Rindviehbesitzer in Texas, eine Conservenfabrik in Galveston gegründet, welche nach dem Tode des Besitzers von einer Actiengesellschaft fortgeführt wird.

Auf Seeschiffen sind diese Conserven in England seit Jahren eingeführt, ebenso in der nordamerikanischen Kriegsmarine. Auch in dem preussischen Heere sind die Fleischconserven in den letzten Jahren auf Manövern zur Verwendung gekommen. Die Büchse wird beim Gebrauch 10 Minuten lang in heisses Wasser gesteckt und der Deckel mit einem schneidenden Instrument entfernt. Man findet gewöhnlich obenauf eine schützende Fettschicht und das Fleisch selbst eingebettet in eine aus Fett und Fleischsaft gebildete bräunliche Sauce. Das Fleisch ist meistens schön mürbe, hat Bratengeruch und schmeckt dem Schmorbraten nicht unähnlich. Solches Dosenfleisch ist jetzt in fast allen grösseren Droguen- und Materialwaarenhandlungen vorräthig und wird durchschnittlich zum Preise von 60—70 Pfennigen per Pfund verkauft.

Diese Fleisch- und Gemüse-Conserven erfreuen sich gegenwärtig wegen ihrer Haltbarkeit und ungemein einfachen Herrichtung zur Mahlzeit des ungetheilten Beifalls und der allgemeinsten Anwendung auf Schiffen, bei langen Seereisen, auf Manövern, bei Feldzügen und Belagerungen. Ich selbst habe in den letzten Jahren auf den Herbstmanövern des Garde-Corps reichlich Gelegenheit gehabt, die volle Brauchbarkeit dieser Conservirungsmethoden practisch kennen zu lernen. Die leckersten Mahlzeiten, wie man sie sonst nur auf der Tafel eines guten Restaurants zu erblicken gewohnt ist, in Blechbüchsen luftdicht eingelöthet, wurden von uns wochenlang mitgeführt und im Bedarfsfalle in der unglaublich kurzen Frist von etwa 10 Minuten, durch blosses Eintauchen in siedendes Wasser, zum Genusse hergerichtet. Selten war der Inhalt einer

Büchse solcher „haltbarer Speisen“ so verändert, dass man sie als verdorben oder zersetzt bezeichnen konnte; dies kam bei den conservirten Gemüsen (Schoten, Erbsen und Kohlarten) nach meinen Beobachtungen leichter vor, als bei den conservirten Fleischspeisen. In keinem Falle jedoch waren die so veränderten Gemüse ungeniessbar; sie bekamen höchstens einen faden, säuerlichen oder schwach metallischen Beigeschmack [1]. —

Eine dritte physikalisch wichtige Bedingung für das Zustandekommen von Fäulniss ist die Wärme.

Zwar liegen genauere thermometrische Beobachtungen über den Einfluss der Temperatur bis jetzt nicht vor; doch lehrt die alltägliche Erfahrung schon, dass durch den Wechsel der Temperaturgrade der Eintritt und der Verlauf der Fäulnissprocesse in erheblichem Grade beeinflusst wird. Höhere Temperaturen, als die durchschnittlich in unserem Klima bestehenden, begünstigen im Allgemeinen den Eintritt von Zersetzungen, Kälte dagegen verzögert sie oder hebt sie auf. Unsere fäulnissfähigen Nahrungsmittel gehen bei der Aufbewahrung im Sommer viel leichter in Zersetzung über, als im Winter; ebenso sieht man in der freien Natur Fäulniss- und Vermoderungsprocesse niemals reichlicher und intensiver auftreten, als in der heissen Jahreszeit, während dieselben in den kälteren Wintermonaten kaum wahrgenommen werden. Diejenige Temperatur, bei welcher Fäulnissprocesse überhaupt noch zu Stande kommen, liegt innerhalb ziemlich weiter Grenzen und bewegt sich etwa zwischen 0° und + 60° C. Als die der Fäulniss günstigste Temperatur lässt sich etwa die in der Mitte dieser Grenzen liegende Breite von + 30 bis + 40° C. bezeichnen, — also gerade die-

---

[1]) Ganz in derselben Weise werden nun auch alle möglichen Tafelgenüsse, Suppen, Mehlspeisen, Braten, Relevés, Compots u. s. w. in Blechdosen conservirt und vielfältig, namentlich von Officieren auf Feldzügen und Manövern, in Anwendung gezogen. Solche Conserven sind jetzt in allen Delicatessenhandlungen vorräthig und werden bereits an manchen Orten (Mainz, Berlin) fabrikmässig dargestellt. In Wolfenbüttel beschäftigt sich sogar eine Fabrik (Busch, Barnewitz u. Comp.) ausschliesslich mit diesem Industriezweige. Der kürzlich in Umlauf gesetzte Preiscourant dieser Fabrik weist ein wahrhaft lucullisches Menu von „haltbaren Speisen“ auf. Nicht blos einzelne Gerichte, sondern ganze Diners werden von derselben auf Verlangen und zu verhältnissmässig civilen Preisen, unter Garantie der Dauerhaftigkeit, versandt. So kostet z. B. ein haltbares Diner für 4 Personen, bestehend aus 1) Bouillon, 2) Boeuf à la mode, 3) Weisskohl mit Hammelfleisch, 4) Gänsebraten, 5) Salat und Compot, 6) Kaffee und Zucker — zusammen nur 9,60 Mark oder pro Person 2,40 Mark. Die Portionen sind reichlich und genügen einem gesunden Manöverappetite.

selbe Temperaturbreite, welche der Körperwärme des Menschen und der Warmblüter entspricht. Fäulnissprocesse verlaufen daher auch am lebenden Körper erfahrungsgemäss immer sehr intensiv, z. B. bei der Gangrän der äusseren Weichtheile oder der Lungen, bei Blutextravasaten und Exsudaten, bei Placentarresten, welche nach der Entbindung im Uterus verblieben, bei zurückgehaltenen Se- und Excreten jeder Art.

Unter 0° und jenseits + 60° C. scheinen Fäulnissprocesse oder fäulnissähnliche Umsetzungen überhaupt nicht mehr vorzukommen. Wenigstens würden Temperaturen unterhalb des Nullpunktes das zum Zustandekommen der Zersetzung nothwendige Wasser unbedingt in Eis verwandeln; andererseits würden dem Siedepunkte nahe Temperaturgrade manche thierischen und pflanzlichen Stoffe, z. B. die Eiweisskörper, physikalisch oder chemisch alteriren, so dass sie fäulnissunfähig werden. Auch die Wirkung chemischer Fermente und das Leben niederer Organismen, welche bei dem Processe der Fäulniss thätig sind, wird durch Temperatureinflüsse, welche jenseits der oben bezeichneten Grenzen liegen, gehindert oder aufgehoben. In organischen fäulnissfähigen Stoffen, deren Temperatur dem Gefrierpunkt oder dem Siedepunkt des Wassers nahe ist, kommt daher weder organisches Leben, noch irgend welche faulige oder gärungsartige Umsetzung zu Stande.

Daher besitzen wir auch in der Siedehitze ein sehr geeignetes Mittel, faulige Zersetzung organischer Stoffe zu verhüten, bezw. zum Stillstand zu bringen. Es ist eine alte Erfahrung, dass gekochte Nahrungsmittel sich bei der üblichen Aufbewahrung in Speisekammern weit länger frisch erhalten, als ungekochte. Milch z. B. wird, wenn gekocht, viel später sauer, als ungekochte, weshalb ja auch in Haushaltungen die Milch, welche 1—2 Tage für wirthschaftliche Zwecke aufbewahrt werden soll, zuvor aufgekocht wird. Auch bei den Conservirungsmethoden, die wir bereits besprochen hatten, ist es gewöhnlich nicht ausschliesslich der Abschluss der Luft oder das Verdampfen von Wasser, welches hier die Zersetzung hintanhält, sondern zu einem grossen Theile die gleichzeitige Einwirkung der Siedehitze. Alle luftdicht in Blechkapseln eingelötheten Nahrungsmittel werden vorher gekocht; ebenso werden die bis zur Extractconsistenz condensirten Flüssigkeiten grösstentheils durch Hitze eingedampft. — Auch zum Vernichten von Krankheitsstoffen, zur Desinfection von Kleidungsstücken, Betten,

Wäsche u. dergl. bei ansteckenden Krankheiten (Pocken, Cholera, Flecktyphus) ist die Anwendung der Glühhitze noch vielfach in Gebrauch; man pflegt die genannten Gegenstände, welche von Kranken benutzt wurden, in Backöfen oder eigens dazu construirte Desinfectionsöfen bezw. Schränke zu bringen und darin längere Zeit der Einwirkung hoher Temperaturgrade auszusetzen.

Eine noch gesteigerte Form der Wirkung hoher Wärmegrade stellt die Verbrennung dar. Sie ist das radicalste und sicherste Antisepticum, welches es giebt; denn in kürzester Zeit wird durch sie fäulnissfähige organische Substanz in anorganische, fäulnissunfähige, in Asche verwandelt. Dieses Mittel verdient daher überall da den unbedingten Vorzug, wo es sich darum handelt, Stoffe, welche in Fäulniss begriffen oder mit Krankheitsgiften behaftet sind, für immer unschädlich zu machen. Seit Alters her ist das Glüheisen in der Hand des Chirurgen das mächtigste Mittel zur Bekämpfung von Fäulnissprocessen in brandigen Wunden und in abgestorbenen Weichtheilen, in seiner Wirkung bisher noch unerreicht durch alle die zahlreichen, in neuerer Zeit zur Anwendung gelangten antiseptischen Chemikalien (Aetzalkalien, Kali hypermanganicum, Carbolsäure, Salicylsäure, Benzoësäure, Chlorkalk u. s. w.).

Aus diesem Grunde ist auch die Verbrennung der Leichen der einfachen Bestattung derselben in allen denjenigen Fällen vorzuziehen, wo in grosser Zahl Menschen- und Thierleichen auf einmal dem Erdreich einverleibt werden und die absorbirende Kraft der Erde nicht mehr ausreicht, die lebenden Bewohner vor den schädlichen Einflüssen der faulenden Leichname zu schützen. Es ist dies namentlich der Fall bei verheerenden Seuchen, welche in kurzer Zeit eine relativ grosse Zahl von Opfern fordern, z. B. bei mörderischen Pest- und Choleraepidemieen, oder nach blutigen verlustreichen Schlachten, wo aus der Anlegung von Massengräbern Schädlichkeiten für die Bewohner benachbarter Ortschaften oder für bivouakirende Truppen erwachsen.

Auch als heroisches Desinfectionsmittel zur Zeit von Epidemieen hat man die Verbrennung bisweilen in verzweifelten Fällen in Anwendung gezogen. Besonders häufig wurden in Cholerazeiten die Utensilien von Kranken, das Bettzeug, die Wäsche, Stroh, Bettlade u. s. w. der Verstorbenen immer lodernden, auf grossen Plätzen angezündeten Feuern anvertraut.

Dem fäulnisshemmenden Einfluss hoher Wärmegrade entspricht auf der andern Seite die antiseptische Wirkung der Kälte. Eis ist eins der beliebtesten und einfachsten Conservirungsmittel für Stoffe, welche man nur für eine gewisse Zeit vor Zersetzung schützen will, z. B. das Fleisch in Schlächtereien, auf Schiffen und in Haushaltungen, überhaupt Nahrungsmittel jeder Art. In kühlen Kellern deponirt die Hausfrau ihre Vorräthe an Gemüse und Fleischwaaren für den Winter; eiskalte Felsenkeller benutzt man mit Vorliebe, um Bier, Wein und Käse jährig werden, d. h. langsam reifen zu lassen. Unsere Leichen lassen wir am liebsten gefrieren, um sie für Studienzwecke frisch zu erhalten; wie uns dies im strengen Winter in den Morguen der anatomomischen Theater auch thatsächlich Wochen lang gelingt, so würden auch die Cadaver gefallener Thiere auf den Schneefeldern der Alpen oder den Eisbergen der Nordpolargegenden ewig unveränderlich sein und mit der Zeit sich anhäufen, wenn sie nicht anderen Thieren zum Raube dienten. —

Die vierte physikalische Bedingung für das Zustandekommen von Zersetzungen ist der Zustand der Ruhe des faulenden Theiles.

Wie das Aufhören der vitalen chemischen Vorgänge (Tod), so ist auch vollkommener physikalischer Stillstand der organischen Substanz für den Eintritt passiver Veränderungen nothwendig. Der auffällige und überall in der Natur wahrnehmbare Unterschied zwischen bewegten und stagnirenden Flüssigkeiten beweist dies. Wenn ein angeschwollener Fluss beim Erwachen des Frühlings über die Ufer tritt und die angrenzenden Wiesen und Felder überschwemmt, so pflegt beim Zurücktreten des Wassers eine Anzahl von Teichen, Tümpeln und Gräben zu bleiben, welche vom strömenden Flusse abgeschnitten sind. In diesen stehenden Tümpeln tritt, begünstigt durch die Wärme der Frühlingssonne, sehr bald Zersetzung ein, und der mephitische Geruch faulender Fische und modernder Pflanzen verbreitet sich weithin über die Landschaft; aber in dem unmittelbar vorbeiströmenden Fluss bleibt das Wasser klar und frisch. Dasselbe nimmt man wahr an jedem Wassergraben, welcher durch irgend ein Hinderniss in seinem Lauf gehemmt wird, an jedem Bach, dessen Bett sich im Hochsommer in Folge Wassermangels in einen stehenden Sumpf verwandelt, an jeder Pfütze und jedem Teich. So lange das Wasser in Fluss ist,

tritt niemals Fäulniss ein; sobald es stagnirt, folgt die Zersetzung auf dem Fusse nach. Wer einmal im Sommer die stagnirenden, schmutzig grünlichen Gewässer unseres Berliner Thiergartens gesehen und mit den klaren Fluthen des unfern vorbeifliessenden Spreekanals verglichen hat, kann über den Einfluss der Stagnation auf das Zustandekommen von Fäulnissprocessen nicht mehr zweifelhaft sein.

Es ist daher ein durchaus richtiges und durch die Erfahrung wohl begründetes Princip, wenn man heutzutage bei der Beseitigung der Auswurfsstoffe grosser Städte mit Eifer darauf dringt, die organischen Massen nicht im Bereiche der Wohnungen liegen zu lassen, sondern durch Spülung und Fortleitung in beständigem Fluss zu erhalten. Die Vorzüge, welche die allgemein und streng durchgeführte Canalisation in Städten der periodischen Abfuhr gegenüber in sanitärer Beziehung bietet, beruhen sicherlich nicht bloss auf der schnelleren Entfernung der Abfallstoffe, sondern auch zu einem nicht geringen Theile darauf, dass durch das Fliessend-erhalten dieser Abfallwässer der Zersetzung in denselben entgegengewirkt wird.

Allerdings langen die Canalwässer bei ihrer Entleerung auf die Rieselfelder, wie die Beobachtung lehrt, keineswegs unzersetzt an; aber diese Zersetzung ist doch nach meinen Beobachtungen viel weniger intensiv, als sie an den gleichen Massen gefunden wird, wenn dieselben auf den Hofräumen in grossen Reservoirs oder Senkgruben aufgesammelt werden. Auch ist dabei in Betracht zu ziehen, dass bei dem relativ langen Wege, welchen die Auswurfstoffe in den Canälen zurückzulegen haben, die faulige Zersetzung jedenfalls nicht schon in den Anfangstheilen der Röhren, also innerhalb der Wohnräume, beginnt, sondern erst im weiteren Verlauf derselben und namentlich in dem Endtheil des Kanalsystems, welcher meistens ausserhalb der Stadt verläuft, eintritt.

Was trotz der augenscheinlichen hygienischen Vorzüge der Canalisation in grossen Städten den Abfuhrsystemen immer noch zahlreiche Anhänger und Vertheidiger verschafft hat, ist namentlich das finanzielle Interesse gewisser Industriellen, welche aus der wirthschaftlichen Verwerthung der regelmässig abgefahrenen Excremente einen gewinnbringenden Geschäftsbetrieb machen. Wie wenig aber dieses rein finanzwirthschaftliche Interesse dem Gesundheitsinteresse einer grossen Stadt entspricht, hat man am besten in

unserer Residenzstadt Berlin zu sehen Gelegenheit, wenn in späten Abendstunden die meist weiblichen, hochgestiefelten Organe der Gesellschaft „Utilitas“ mit einer erstaunlichen Resignation ihres Geruchsinnes den „nützlichen“ Grubeninhalt der einzelnen Häuser eimerweise in ihre Wagen laden und durch den dabei sich verbreitenden wahrhaft pestilentialischen Gestank ganze Strassen völlig unpassirbar machen. So nützlich dieses unsaubere Geschäft für das Privatinteresse der Unternehmer sein mag, so wenig nützlich ist dasselbe für die Gesundheit der Bewohner. Privatinteressen müssen aber dem öffentlichen Interesse und dem allgemeinen Wohle einer Stadt unbedingt untergeordnet werden.

In derselben Weise, wie im Grossen bei den Abfallstoffen einer Stadt, erweist sich auch am lebenden Körper die Stagnation ausgeschiedener und abgestorbener Theile des Organismus als einer der wesentlichsten Factoren für das Zustandekommen von Zersetzungen in denselben. Es ist eine alte Erfahrung in der Chirurgie, dass die Anhäufung von Eiter auf einer Wunde, die Einlagerung von Blutergüssen und zurückgehaltenen Eitermassen zwischen die Muskelbäuche eines amputirten Gliedes, die Retention der Secrete in sinuösen und fistulösen Geschwüren die häufigste Ursache derjenigen üblen Zufälle ist, welche den Heilungsprocess der Wunden so oft in störender Weise begleiten. Ein krankhaftes Secret, welches nicht abfliessen kann, zersetzt sich unter dem Einflusse der Wärme des Organismus ungemein schnell, kehrt durch Blut- und Lymphgefässe theilweise wieder zurück in den Säftestrom des Körpers und führt so zu den Erscheinungen der örtlichen und allgemeinen Infection (Wundfieber, Septicaemie, Pyaemie u. a.). Sehr begünstigt wird dieser Vorgang durch die früher so beliebten Deckverbände der Wunden, welche theils durch Verhinderung des freien Abflusses der Stagnation Vorschub leisten, theils durch grösseren oder geringeren Druck des angelegten Verbandes die Resorption der faulenden Substanzen geradezu begünstigen. Es ist daher als ein wichtiger Fortschritt in der chirurgischen Behandlung der Wunden zu betrachten, dass diesem Uebelstande bei der von Lister eingeführten antiseptischen Behandlung vorgebeugt wird; durch das Einlegen von kleinen Röhren (drains) aus Kautschuck oder spiraligem Draht in die Wundhöhle wird hierbei dem auf den Wundflächen sich bildenden Secret beständig nach aussen Abfluss verschafft. Diese Drainage der Wunden, welche

man als eine Art „Wundcanalisation" bezeichnen kann, ist sicherlich einer der vielen antiseptischen Factoren, welchen das Lister'sche Verfahren seine grossartigen, ungeahnten Heilerfolge verdankt. Die Drainage wird jetzt mit gleich günstigem Erfolge auch bei krankhaften Processen angewandt, bei welchen die Ansammlung und Zersetzung der gebildeten Entzündungsproducte dem Organismus gefährlich werden kann, so bei septischen und entzündlichen Processen innerhalb des puerperalen Uterus, bei eiterigen pleuritischen Exsudaten der Brusthöhle, bei Operationen und Traumen in der Bauchhöhle und bei eiterigen Entzündungen der Gelenke.

Man kann hier in der That die Wirkung der Wunddrainage gegenüber der periodischen Entfernung der Wundsecrete (bei den früheren Deckverbänden) bezüglich des antiseptischen Erfolges vollkommen vergleichen mit den Wirkungen der regelmässigen Canalisation in Städten gegenüber der periodischen Abfuhr. Wenn auch in neuerer Zeit sowohl mit den Deckverbänden, als auch mit der Abfuhr gewöhnlich noch die Anwendung irgend eines chemischen Antisepticums (Carbolsäule, Chlorkalk u. a.) verbunden wird, so hat doch diese Art Antisepsis so viele Mängel und Schwächen, dass sie in keiner Weise mit der Wirkung der Canalisation der Wunden und Städte verglichen werden kann.

Grade die Erfahrungen der praktischen Chirurgie sind für die Entscheidung der immer noch schwebenden Streitfrage in Städten, ob Canalisation, ob Abfuhr, ungemein lehrreich und beherzigenswerth. Denn die Methode der neueren antiseptischen Wundbehandlung ist im Grunde genommen nichts anderes, als eine Wundhygiene, welche mit der Hygiene der Städte ganz analoge Verhältnisse darbietet. Wie für die Wundbehandlung die Frage der Unschädlichmachung der Secrete längst zu Gunsten der Drainage entschieden ist, so kann auch für die Frage der Städtereinigung bei richtiger Erwägung der Principien die Entscheidung kaum mehr zweifelhaft sein [1]. —

Von Einfluss auf das Zustandekommen von Fäulnissprocessen ist endlich noch 5) die Ruhe des umgebenden Mediums, des Wassers und der Luft.

Feste organische Substanzen, z. B. abgestorbene Thiere und

[1]) Auch die Erfolge der offenen Wundbehandlung erklären sich nach obigen Darlegungen ungezwungen, ohne dass man nöthig hat, Widersprüche mit den Principien der antiseptischen Wundbehandlung anzunehmen.



Pflanzen, gehen in bewegten Wassern viel langsamer in Fäulniss über, als in trägen oder stagnirenden. Das lehrt uns zum Theil schon das bereits erwähnte Beispiel des Sumpf- und des Flusswassers, in welchen beiden alljährlich ganze Generationen von Thieren und Pflanzen zu Grunde gehen und der Auflösung anheimfallen; das lehrt ferner der Vergleich zwischen der modernden Holzschwelle im trüben Ententeich und dem Brückenpfahl im Bette eines fliessenden Baches oder den Schaufeln eines ruhelos bewegten Wasserrades. Die Lohgerber pflegen ihre Häute, bevor sie dieselben gerben, mehrere Tage lang in fliessendes Wasser zu legen, um die Epidermis und die anhängenden Hautgebilde zu erweichen; bei der Herausnahme zeigen dieselben keine Spur von fauliger Veränderung und Fäulnissgeruch. Thierbälge dagegen, z. B. ertränkte Katzen, brauchen nur einige Tage in einem stehenden Teich gelegen zu haben, um alle Zeichen stinkender Zersetzung darzubieten.

Aber auch die Stagnation der umgebenden Luft zeigt sich von Einfluss auf den Eintritt der Fäulniss. Fleisch, welches in freier Luft hängt, geht viel später in Fäulniss über, als solches, welches in geschlossenen Räumen aufbewahrt wird. Aus diesem Grunde hängt die Hausfrau ihre Wildbraten und Geflügel, welche mehrere Tage frisch erhalten werden sollen, möglichst hoch im Hause vor das Fenster und bewahrt Speisereste im Sommer in luftigen, zugigen Spinden auf, deren Wände nicht fest, sondern von gitterförmig durchbrochener Gaze gebildet sind. Das Durchleiten von strömender, beständig bewegter Luft durch Closets und Aborte, durch Pissoirs, durch Abdeckereien und Leichenhallen, durch die mit den Thierexcrementen erfüllten Ställe, durch Vorrathskammern, bevölkerte Anstalten und Krankensäle — alle diese, in neuerer Zeit mit grosser Sorgfalt und Gewissenhaftigkeit ausgeführten Massregeln haben sicherlich nicht bloss den Erfolg, gewisse bei der Fäulniss sich bildende, dem Geruchssinn des Menschen unangenehme und zum Theil auch wohl schädliche Stoffe mit dem Luftstrom mechanisch zu entfernen, sondern offenbar auch die Wirkung, dem Zustandekommen von Zersetzungsvorgängen in organischen Substanzen entgegenzutreten.

Wir gelangen so unwillkürlich auf ein in praktischer Hinsicht sehr wichtiges und gegenwärtig zu einer gewissen Blüthe gelangtes Gebiet der öffentlichen Gesundheitspflege, nämlich die Lüftung oder Ventilation.

Wenn der Laie des Morgens die Fenster seines Schlafzimmers öffnet, wenn ferner der Schulmann nach beendetem Unterricht Thüren und Fenster des Schullokals öffnen lässt, so haben Beide sicherlich nur die Absicht, „frische Luft" in das Zimmer hereinzu lassen, d. h. die mit den theilweis übelriechenden Exhalationen des Menschen erfüllte stagnirende Stubenluft durch neue unverdorbene Luft zu ersetzen. Auch wenn in Krankenhäusern und chirurgischen Anstalten der Anlage von Ventilationseinrichtungen heutzutage eine so grosse Sorgfalt zugewendet wird, hat man gewöhnlich dabei nur den Zweck im Auge, den Kranken in möglichst ausgiebiger Menge die für die Unterhaltung der natürlichen Lebensvorgänge nöthwendige gute, sauerstoffreiche Luft zuzuführen und der sogen. „Luftverderbniss", d. h. gewöhnlich der Ansammlung von Exhalationen, welche übelriechend sind, vorzubeugen. Allein zu dieser thatsächlichen Wirkung der Ventilation gesellt sich augenscheinlich noch ein anderer, nicht minder wichtiger Effect derselben.

Es ist nämlich eine alte Erfahrung, dass Wunden in engen Räumen weit schlechter heilen, als in luftigen Localitäten, z. B. Zelten, Baracken, Pavillons und selbst im Freien; dass ferner gewisse accidentelle Wundkrankheiten, wie Hospitalbrand, Wundrose, Ichorrhaemie, Septicaemie und Pyaemie in geschlossenen Räumen weit leichter zur Entwicklung kommen, als in den luftigen Räumen, ja dass Zelte und Baracken bis zu einem gewissen Grade einen relativen Schutz gegen diese Krankheiten gewähren. Auf diese Beobachtung gründete sich das Verfahren der älteren Chirurgen, beim Ausbruch einer Hospitalbrand-Epidemie ihre Kranken in Zelte oder direct in's Freie zu bringen, um sie, wie man sagte, dem „permanenten Luftbade" auszusetzen.

Heutzutage ist bekanntlich die Behandlung der Wunden in Zelten und Baracken ein ganz allgemein übliches Verfahren für alle diejenigen Fälle geworden, wo starke Anhäufung von Verwundeten und lange Dauer der Eiterung das Aufkommen endemischer Wundkrankheiten besonders befürchten lassen, also namentlich im Kriege, in überfüllten Krankenhäusern u. s. w. Diese, durch die Erfahrung vollkommen sicher begründete Wirkung der bewegten Luft kann sicherlich nicht allein so gedeutet werden, dass dem Kranken durch die beständige Lufterneuerung immerfort neuer Sauerstoff oder überhaupt reine Athmungsluft zugeführt wird, son-

dern lässt sich nur aus einem directen Einflusse der Luftbewegung auf die Heilungsvorgänge in der Wunde, welche letztere von dieser Luft umspült wird, erklären.

Wie in diesem Falle die Luft wirkt, ob namentlich durch die Luftbewegung das Haften gewisser in der Luft suspendirter körperlicher Stoffe, denen fäulnisserregende oder specifisch giftige Eigenschaften zukommen, verhindert wird, — wie die Beobachtung des Schimmelns und Nichtschimmelns von Substanzen in stagnirender und bewegter Luft wahrscheinlich macht, — oder ob es sich hier mehr um eine physikalische Wirkung der Bewegung auf den Chemismus der Zersetzungsprocesse handelt, lässt sich noch nicht mit hinreichender Sicherheit entscheiden. Die Thatsache bleibt jedenfalls bestehen, dass die Luftbewegung (Ventilation) Zersetzungen der in der Luft enthaltenen organischen Stoffe hemmt, während Stagnation der Luft dieselbe begünstigt.

Ganz ähnlich verhält sich nun der fäulnisshemmende Einfluss des bewegten Wassers oder überhaupt bewegter Flüssigkeiten, — der Spülung oder Irrigation.

Die Spülung wird bekanntlich in ausgiebiger Weise angewendet für die Zwecke der öffentlichen und privaten Reinigung in Städten, also namentlich auf Strassen, in Pissoirs, Water-Closets und in Haushaltungen. Auch in der Wundbehandlung ist die Irrigation (mit antiseptischen Flüssigkeiten) beim Verbandwechsel ein allgemein übliches Verfahren, die Wunden von anhaftenden Secreten und Zersetzungsproducten zu reinigen. In allen diesen Fällen wird aber gewöhnlich nur der Zweck verfolgt, fäulnissfähige oder in Zersetzung begriffene Stoffe aus der Nähe des Menschen und der menschlichen Gesellschaft mechanisch zu entfernen. Dieses und nichts weiter wird auch sicherlich erreicht in denjenigen Fällen, wo nur zeitweise und nur für kurze Zeitmomente gespült wird; diese Fälle bilden bei der öffentlichen und privaten Reinigung die Mehrzahl. Ueberall da jedoch, wo die fäulnissfähigen Substanzen dauernd von der bewegten Flüssigkeit umspült werden, ist auch ein hemmender Einfluss auf die Zersetzungsvorgänge, wie die früher erwähnten Beispiele darthuen, nicht zu verkennen. Die Grösse dieses Einflusses ist natürlich abhängig einmal von der Intensität dieser Bewegung und zweitens von der Dicke der bespülten Substanzen; im Innern von Thier- und Menschenleichen werden begreiflicher

Weise auch trotz lebhafter Bewegung des umgebenden Mediums faulige Zersetzungen zu Stande kommen können.

Wir werden also in Bezug auf die antiseptische Wirkung der Bewegung genau unterscheiden müssen zwischen der periodischen Ventilation bezw. Irrigation, bei welcher nur zu bestimmten Zeiten und nur vorübergehend gelüftet und gespült wird, und der permanenten Ventilation bezw. Irrigation, der dauernden Lüftung und Spülung mittelst besonderer Einrichtungen. Nur die letztere wird im Stande sein, neben der mechanischen Entfernung gebildeter Zersetzungsproducte auch noch den Zersetzungen selbst in den umspülten Substanzen entgegen zu wirken. —

Aus dem bisher Erörterten dürfte hervorgehen, dass die Bedingungen für das Zustandekommen von Fäulniss weit mannigfaltiger sind, als man gewöhnlich annimmt. Es genügt nicht bloss, dass eine organische Substanz todt und auch chemisch zersetzungsfähig ist, sondern es gehört dazu noch das Vorhandensein von Luft, Wasser und Wärme, ferner Ruhe des faulenden Theils und Ruhe des umgebenden Mediums, damit der Process der Fäulniss ungehindert eintreten und verlaufen könne.

Hiernach möchte es scheinen, als ob es unter den gewöhnlichen Verhältnissen doch ziemlich schwierig sei, eine organische Substanz in Fäulniss zu versetzen. Wenn wir dennoch in der Natur Fäulnissprocesse so ausserordentlich regelmässig und ohne unser Zuthun, ja wohl eigentlich beständig an allem Todten sich entwickeln sehen, so hat dies seinen Grund darin, dass für gewöhnlich alle diese Bedingungen — Luft, Wasser, Wärme und Stagnation — fast überall schon gegeben sind. Es hängt dies mit der sehr merkwürdigen Thatsache zusammen, dass die Bedingungen für das Zustandekommen von Fäulniss fast genau dieselben sind, welche auch für das Gedeihen der Lebensvorgänge allenthalben in der Natur gültig sind. Wasser und atmosphärische Luft braucht jedes Thier und jede Pflanze, um leben zu können; und eine Wärmebreite von + 25° bis + 50° C., welche, wie wir sahen, dem Verlauf der Fäulnissprocesse am günstigsten ist, erweist sich auch für die Entwicklung pflanzlicher und thierischer Wesen am günstigsten. In stagnirender Luft gedeihen bekanntlich Schimmelpilze und überhaupt alle Luftpflanzen am besten; und stehende Gewässer sind nicht bloss der bevorzugte Sitz der Fäulniss, sondern auch der Tummelplatz des mannigfaltigsten vegetabilischen und

thierischen Lebens. So kommt es, dass gerade unter den Bedingungen der Treibhauscultur, d. h. in feuchter, warmer und stagnirender Luft, auch Fäulnissprocesse am schnellsten und vollständigsten verlaufen.

Schon Helmholtz[1]) hatte im Jahre 1843 den Satz ausgesprochen: „Die Fäulniss gleicht dem Lebensprocess auffallend durch die Gleichheit der Stoffe, in denen sie ihren Sitz hat, durch ihre Fortpflanzungsfähigkeit, durch die Gleichheit der Bedingungen, welche zu ihrer Erhaltung und Zerstörung nöthig sind."

So paradox es auch im ersten Augenblick erscheinen mag, dass zwei so contrastirende Vorgänge, wie die Fäulniss und das Leben, die Vorgänge des Aufbaues und der Vernichtung organischer Substanz, von denselben Bedingungen beherrscht werden, so zweckmässig erweist sich jedoch diese Einrichtung für den Haushalt der organischen Natur. Ueberall, wo Etwas lebt und wächst und wo folglich auch Etwas abstirbt, da ist zugleich Fäulniss vorhanden, und die Fäulniss schreitet in dem Maasse schneller oder langsamer fort, als auch Leben und Wachsthum üppiger oder beschränkter gedeihen. Niemals findet also eine wirkliche Anhäufung von Todtem in der Natur statt; sondern mit dem Maasse der Bildung organischer Substanz wächst im Allgemeinen auch der Umfang ihrer Vernichtung. Das beweist die Massenhaftigkeit der Vermoderungsprocesse inmitten der üppigen Vegetation der Tropen, das lehrt die Intensität und Ausbreitung der Fäulniss gerade in den bewohntesten Zonen der Erde; das beweist endlich die lebhafte Fäulniss todter Organe unmittelbar am lebenden Körper selbst.

Damit ist nun auch für den Kreislauf der Stoffe und die Stabilität der organischen Natur ein wichtiger Factor gegeben. Denn die Gleichartigkeit der Bedingungen, welche Fäulniss und Leben in gleichem Maasse begünstigt oder hemmt, verhindert, dass irgend einmal der eine dieser Processe über den anderen das Uebergewicht gewinnt und so in der Vertheilung der organischen Materie Störungen hervorruft, welche für den Haushalt der Natur immer von schwerwiegenden Folgen sein müssen.

Es ist nämlich klar, dass ein Ueberwiegen der Lebensprocesse über die Auflösungsprocesse schliesslich nothwendig zu einer Ver-

[1]) J. Müller's Archiv. 1843. Band VII, Seite 463.



armung des Erdreiches an organischem Nährmaterial führen muss; eine solche Verarmung würde bei einer Fortdauer des Missverhältnisses bis zur Erschöpfung an Nährstoffen führen und somit die Existenz des gesammten Pflanzenreichs in Frage stellen, dessen Untergang wieder ein Erlöschen des Thierreichs nach sich zieht. Ganz die gleiche Störung würde auch im umgekehrten Falle eintreten und eine Verkümmerung bezw. ein Erlöschen des Thier- und Pflanzenreichs zur Folge haben.

An keinem Punkte der Erdoberfläche aber und zu keiner bis jetzt bekannten oder noch denkbaren Zeit werden solche schweren Störungen der Oekonomie in der lebenden Natur beobachtet. In den warmen, äquatorialen Ländern unserer Erde, wo die Bedingungen für die pflanzliche Vegetation am günstigsten sind, gedeihen erfahrungsgemäss auch Fäulniss- und Vermoderungsprocesse am besten; und in den kalten Polargegenden, wo das thierische und pflanzliche Leben auf ein Minimum beschränkt ist, kommt Fäulniss nur spärlich oder gar nicht zu Stande. Ebenso sehen wir in unserem gemässigten Klima in demselben Maasse, als die pflanzliche Vegetation und niederes thierisches Leben zu den verschiedenen Jahreszeiten begünstigt oder gehemmt wird, auch Fäulniss und Vermoderung gedeihen oder abnehmen.

Auf diese Weise ist also der Vertheilung der Stoffe eine dauernde Harmonie gesichert. Der Wechsel der Materie zu geformten organischen und zu ungeformten anorganischen Verbindungen geht allenthalben in der Natur mit solcher Regelmässigkeit und Gleichmässigkeit vor sich, dass ein Erlöschen der Lebenswelt oder ein Versiegen der Nährkraft der Erde vor der Hand nicht denkbar ist. So lange auf unserem Planeten die Bedingungen des Lebens resp. der Fäulniss, wie sie gegenwärtig bestehen, in den weiteren Epochen der Erdentwickelung bestehen bleiben, so lange also noch Wasser auf der Erdoberfläche sich ansammelt und niederschlägt, so lange noch eine O- und CO_2-haltige Atmosphäre den Erdball umgiebt und die Strahlen der Sonne die erkaltende Rinde unseres Weltkörpers erwärmen, ebenso lange wird auch der Mutter Erde ihre unerschöpfliche Fruchtbarkeit und der Thier- und Pflanzenwelt ihre mit jedem Jahre sich erneuernde Jugend gesichert bleiben.

Sechstes Capitel.

Die fäulnisserregenden Kräfte (Fermente).

Geschichtliches. Aeltere Theorieen der Gärung und Fäulniss. Ursprung des Wortes »Ferment«. Begriff der Fermentation (Gärung). Willis und Stahl. Lavoisier's Entdeckung des Chemismus der geistigen Gärung (1789). Die Bedeutung des Sauerstoffs (Gay-Lussac). — Neuzeit: Nachweis der organisirten und pflanzlichen Natur der Hefe. Die Vermehrung der Hefezellen in gärenden Stoffen (Th. Schwann). Botanische Stellung derselben. Theorieen über die Hefewirkung: 1) Porosität (Braconnot). 2) catalytische oder Contactwirkung der Hefe (Berzelius, Mitscherlich). 3) M. Traube's Theorie der Fermente. 4) Liebig's Lehre von der chemischen Bewegung im Ferment und ihrer Uebertragung auf den gärungsfähigen Körper. Einwände J. Dumas'. 5) Die vitalistische Theorie. — Begründung der vitalistischen Lehre durch Th. Schwann (1837). Ihre Weiterentwickelung. Einfluss der Lehre von der Panspermie. Auftreten Pasteur's (1857). Seine Versuche über die Milchsäure- und Alkoholgärung. Die Arbeitsleistung der Hefezellen bei der geistigen Gärung. Die Ernährung der Hefe in gärenden Flüssigkeiten. Quelle des N und S. Künstliche Ernährung in Salzlösungen (Pasteur's Züchtungsflüssigkeit). Einwände Liebig's gegen die vitalistische Theorie; ihre Widerlegung durch Pasteur. Die Athmung der Hefe. Nachweis der O-Absorption und CO_2-Abgabe. — Andere Fermentorganismen bei anderen Gärungen; Essig-, Milchsäure- und Buttersäuregärung. Keine Gärung ohne Organismen; jede Gärung durch bestimmte Organismen (Pasteur).

Eine organische Substanz, welche im physiologischen Sinne todt und chemisch spaltbar ist, welche im Zustande der Ruhe sich befindet und von Wärme, Wasser, Luft und einem unbewegten Medium umgeben ist, nennen wir **fäulnissfähig**. Eine solche Substanz fault aber, wie die Erfahrung lehrt, an und für sich noch nicht. Wenn man z. B. Muskelstückchen in sorgfältig ausgeglühten Glasröhrchen bei gewöhnlicher Zimmertemperatur einer relativ reinen Luft aussetzt, so pflegt ein solches Muskelstück zwar nach einiger Zeit zu schimmeln; aber es **fault nicht**, obwohl die Bedingungen der Fäulniss hier anscheinend sämmtlich vorhanden sind. Ganz dasselbe kann man beobachten, wenn man beliebige fäulnissfähige Substanzen vorher gehörig kocht und dann, beim

Vorhandensein aller anderen Bedingungen, einer sauerstoffhaltigen Luft aussetzt, welche durch Glühen oder Filtriren (z. B. durch Baumwolle, Asbest) vorher gereinigt war. Auch hier erfolgt keine Fäulniss. Es bedarf also stets noch einer besonderen Anregung, damit der Fäulnissprocess zu Stande komme. Die Kräfte oder Stoffe, welche diese Anregung bewirken, sind es, welche unsere Aufmerksamkeit in der Folge in Anspruch nehmen.

Ueberblicken wir die Geschichte der Fäulnissforschung, so bietet sich uns die eigenthümliche Erscheinung dar, dass man, anstatt die genauere chemische und physikalische Kenntniss dieser Processe zu fördern, von Beginn an mit Vorliebe unfruchtbaren Speculationen über die fäulnisserregenden Kräfte (Fermente) sich zugewandt hat.

Von den berühmten Pathologen Willis (1659) und Stahl (1697) an bis auf Pasteur und die neueste Zeit war die Lehre von den fäulnisserregenden Fermenten der Tummelplatz der Hypothesen und der speculativen Forschung. Man glaubte das Wesen der Fäulniss gefunden zu haben, wenn man die Kräfte erkannt, welche die Zersetzung bewirken. Wenig Positives ist dabei, wie bereits in der Einleitung hervorgehoben wurde, herausgekommen; vielmehr folgten sich im Laufe der Decennien physikalische, chemische und dynamische Erklärungsversuche in stetigem Wechsel, aber keine dieser Theorieen kann sich bis jetzt rühmen, die schwebenden Fragen endgültig gelöst zu haben.

Für die Fäulnissprocesse im engeren Sinne hat es überhaupt ziemlich lange gedauert, bis man zu der Erkenntniss gelangte, dass zu ihrem Zustandekommen immer der Hinzutritt eines besonderen fäulnisserregenden Stoffes erforderlich sei; diese Kenntniss datirt erst etwa seit den dreissiger Jahren unseres Jahrhunderts. Da man animalische Stoffe gewöhnlich in der Natur ganz von selbst in Fäulniss übergehen sah, so war man auch lange Zeit hindurch der Meinung, dass es sich hier um freiwillige Zersetzungen handle, welche eintreten, sobald die für ihr Zustandekommen nothwendigen äusseren Bedingungen gegeben sind. — Anders bei den Gärungen. Hier war die Thatsache, dass zur Brodgärung Sauerteig erforderlich sei, bereits den Israeliten zu Moses Zeit bekannt. Die Römer nannten zuerst den Sauerteig „Ferment" (Plinius, Tacitus) — hergenommen von dem Wallen und Sieden kochender Flüssigkeiten (ferveo, fervimentum) — und gebrauchten „Fermentatio"

später für alle anderen gärungsartigen Vorgänge. Die Gallier und Spanier kannten auch bereits die fermentirende Eigenschaft der Wein- und Bierhefe, welche sie statt des Sauerteiges dem Brode zusetzten.

Was dieses „Ferment“ eigentlich sei, war den Alten völlig unbekannt. Auch die Alchymisten und die Jatrochemiker des 13. bis 15. Jahrhunderts ergingen sich darüber in den unklarsten und verworrensten Vorstellungen. Namentlich beherrschte die Gleichstellung der Gärungen mit gewissen einfachen chemischen Vorgängen, welche gleichfalls mit einem Aufbrausen (effervescentia) verbunden sind, wie z. B. die Zerlegung eines kohlensauren Salzes durch eine Säure, die Anschauungen der Zeit. Im 16. und 17. Jahrhundert endlich wurde der Begriff der „Fermentation“ auf eine ganze Reihe vitaler und physiologischer Vorgänge ausgedehnt [Basilius Valentinus, Libavius[1]), van Helmont[2])] so z. B. auf die Bildung von Magengasen bei der Verdauung, auf die Erzeugung des Blutes und anderer Säfte, endlich sogar — horribile dictu! — auf die Entstehung organischer Wesen aus ähnlichen schon vorhandenen (Fortpflanzung, Zeugung, Entwickelung).

Bei dieser Verwirrung der Begriffe war es daher ein wesentlicher Schritt zur Aufklärung, als Sylvius (de la Boë) im Jahre 1659[3]) darauf hinwies, dass die Gärungen und die Effervescenz der Säuren und der Alkalien ganz verschiedene Processe seien, insofern es sich bei der ersteren um eine Zerlegung der gärungsfähigen Stoffe (Segregatio) handle, bei der letzteren hingegen um eine chemische Verbindung (Conjunctio). Wenige Jahre darauf (1669) wies Becher (Physica subterranea) nach, dass nur zuckerhaltige Stoffe in geistige Gärung gerathen können und dass hierbei der Weingeist durch die Gärung erst gebildet worden, aber nicht in der Flüssigkeit präexistire, wie man früher behauptet hatte. Er hielt die Gärung für einen der Verbrennung ähnlichen Vorgang, bei welchem eine Lockerung (Rarefactio) der Stoffe Statt

---

[1]) Libavius deutet übrigens in dem ersten Theile seiner „Commentarii Alchymiae“ (1594) bereits an, dass die Fäulniss (Putrefactio) der Gärung (Fermentatio) nahe verwandt sei und sich im Wesentlichen nur durch die Art ihrer Producte von derselben unterscheide. Auch bei den späteren Chemikern sind vielfach Andeutungen dieser Art enthalten.

[2]) van Helmont: Ortus medicinae, id est initia physicae inaudita. Amstelodami, 1652.

[3]) Sylvius (Franz de la Boë): Disputatio de alimentorum fermentatione in ventriculo. Amstelodami, 1659 u. 1663.

habe und hielt Gärung und Fäulniss nur darin von einander verschieden, dass bei der Ersteren verbesserte, bei der letzteren verschlechterte Producte der Lockerung gebildet werden. Dabei ist er der erste, welcher die geistige Gärung (proprie fermentatio) von der Essiggärung (Acetificatio s. acescentia) unterscheidet, welchen dann noch die Intumefactio [Flatulenz] zugerechnet wurde. Als Producte der Gärung bezeichnet er die Hefe, eine schwache Säure und den Weingeist (Alphabetum minerale. 1682).

Eine neue Bewegung brachten in die Lehre von den Fermenten und der Gärung die Ansichten von Willis (1682) und Stahl (1697). Bei dem Ansehen und dem medicinischen Einflusse, welchen namentlich der letztere von ihnen auf seine Zeitgenossen ausübte, haben sich ihre Ansichten bei den Chemikern und Aerzten bald Eingang verschafft und wohl über 100 Jahre lang erhalten. Bemerkenswerth ist auch, dass die Anschauungen einiger neuerer Chemiker, z. B. von Liebig's, über das Wesen der Gärungsfermente mit den Lehren Willis'[1]) und Stahl's[2]) sehr viel Uebereinstimmendes haben. Beide Forscher erblickten in Gärung und Fäulniss eine „innere Bewegung" der Substanz mit der Tendenz, Körper von vollständigerer Beschaffenheit zu bilden, oder sie in andere Stoffe umzuwandeln. „Fermentatio est motus intestinus cujusvis corporis, cum tendentia ad perfectionem, vel propter mutationem in aliud." Das Ferment betrachteten sie gleichfalls als einen in innerer Bewegung (Zersetzung) begriffenen Körper, welcher diese Bewegung auf den gärungsfähigen Körper überträgt (Liebig's spätere Theorie)[3]).

Uebrigens verfocht Stahl bereits eifrig die Identität des Gärungs- und Fäulnissprocesses und suchte dieselbe mit zahlreichen Gründen zu stützen. „Quibus omnibus recte pensitatis, nihil aliud est putre-

---

[1]) Thomas Willis: Diatribae duae: 1) de fermentatione sive de motu intestino particularum in quovis corpore; 2) de febribus sive de motu earundem in sanguine animalium. Amsterdam, 1682.

[2]) Stahl: Zymotechnia fundamentalis, 1697.

[3]) „Corpus in putredine consistens a putredine libero (sc. corpore) facillime corruptiam conciliat, quia illud ipsum, quod in motu intestino jam positum est, alterum quiescens ad talem motum intestinum facile abripere potest." Oder nach einer älteren, 1734 erschienenen deutschen Uebersetzung seiner Schrift: „Ein Körper, der in der Faulung begriffen ist, bringet einem andern von der Faulung annoch befreyten, sehr leichtlich die Verderbung zu Wege; ja es kann ein solcher, bereits in innerer Bewegung begriffener Körper einen andern, annoch ruhigen, jedoch zu einer sothanen Bewegung geneigten, sehr leicht in eine solche innere Bewegung hineinreissen." (Kopp: Geschichte der Chemie, 1847, 4. Th., S. 295.)

tactio quam perfecta fermentatio." (Zymotechnia p. 179.) Auch Boerhave stimmt mit den Ansichten Stahl's im Wesentlichen überein, indem er als Ursache der Gärung eine innere Bewegung der Substanz annimmt; aber er geht noch einen Schritt weiter und unterscheidet bereits deutlich die Fermentation der vegetabilischen Substanzen von derjenigen der animalischen. Nur die erstere ist nach ihm eigentliche Gärung, die letztere hingegen die Fäulniss — wie man sieht, dieselbe Eintheilung, welche auch wir unserer Abhandlung zu Grunde gelegt haben.

Alles dies waren jedoch nur Ansichten, mit welchen für die Kenntniss des Wesens der Gärungsprocesse und der gärungserregenden Fermente so lange nichts gewonnen war, als es an positiven Beweismitteln für diese Erklärungsversuche fehlte. Ein entscheidender Schritt wurde nach dieser Richtung hin zuerst gethan von dem französichen Chemiker Lavoisier[1]), in welchem man mit Recht den Begründer der heutigen Chemie erblickt. Lavoisier führte zuerst den wichtigen quantitativen Nachweis, dass der Zucker bei der geistigen Gärung in Alkohol und Kohlensäure zerfalle. 95,9 Pfund krystallisirter Rohrzucker ergaben nach einem Versuch 57,7 Pfund Alkohol, 35,3 Pfund Kohlensäure und 2,5 Pfund Essigsäure. Nach ihm besteht die Weingärung darin, dass der Zucker, ein Oxyd, in 2 Theile getrennt wird; der darin enthaltene Sauerstoff verbindet sich mit einem Theil des Kohlenstoffes und bildet Kohlensäure, der andere Theil des Kohlenstoffes verbindet sich mit dem Sauerstoff, um eine brennbare Substanz, den Alkohol, zu erzeugen, sodass, wenn es möglich wäre, die Kohlensäure mit dem Alkohol zu verbinden, wieder Zucker entstehen müsste (Kopp l. c. 297.). Von der Essiggärung giebt Lavoisier bereits an, dass hierzu der Hinzutritt von Sauerstoff aus der Luft nothwendig sei.

---

[1]) Lavoisier: Traité élémentaire de Chymie. Paris, 1789. — Lavoisier ist bekanntlich auch derselbe Forscher, welcher den Antheil des (1774 von Priestley entdeckten) Sauerstoffs an der Verbrennung nachwies und zeigte, dass der Mensch sowie die Thiere bei der Athmung Sauerstoff aufnehmen und Kohlensäure abgeben. Der von ihm begründete Fortschritt besteht hauptsächlich in der Einführung genauerer Gewichtsverhältnisse in die quantitative chemische Analyse. — Cavendish hatte schon 1776 bestimmt, dass der Zucker bei der geistigen Gärung 57 pCt. Kohlensäure liefere. Die CO_2 als solche war damals indess noch nicht bekannt; man nannte sie nach dem Vorgange von Black „fixe Luft" (Aër fixus). Dass bei der Gärung und der Fäulniss CO_2 sich entwickelt, wurde zuerst durch Mac-Bride im Jahre 1764 (Experimental Essays) nachgewiesen.

Das Verdienst Lavoisier's um die Entwickelung der Gärungslehre ist demnach ein dreifaches. Erstens zeigte er auf dem Wege der chemischen Analyse, dass die Gärung thatsächlich ein Zersetzungsprocess ist, bei welchem der gärungsfähige Körper in mehrere Körper von einfacherer Zusammensetzung zerfällt. Zweitens wies er gegen die irrige Auffassung früherer und auch noch späterer Autoren nach, dass der Alkohol weder in dem Moste fertig gebildet existire, noch erst bei der Destillation entstehe, sondern wirklich durch den Process der Gärung aus dem Zucker gebildet werde; und drittens gab er zum ersten Male genauere quantitative Belege dafür, dass der Zucker bei der geistigen Gärung in Alkohol und Kohlensäure zerfällt. Mit diesen Ermittelungen war der Anfang zu einem klareren Verständniss der Gärungsprocesse gemacht und zugleich der Grund für ein fruchtbares Studium des Chemismus derselben gelegt. Freilich waren die meisten der von Lavoisier gegebenen gewichts-analytischen Zahlen für die geistige Gärung des Zuckers und seine Berechnung der elementaren Zusammensetzung der einzelnen Stoffe (Alkohol, Zucker) nicht ganz zutreffend; aber die Methode war die richtige, und der analytische Weg, welchen er zuerst gegangen, hat sich in der Folgezeit auf das Glänzendste bewährt.

Lavoisier's Ergebnisse fanden nicht überall und nicht so ungehindert Eingang. Man stritt noch bis in den Anfang dieses Jahrhunderts hinein allen Ernstes darüber, ob der Alkohol wirklich schon in der Gärungsflüssigkeit enthalten sei, oder nicht doch erst bei der Destillation entstehe (Fabroni 1787 und Berthollet 1803). Auch bezüglich des Antheils des Sauerstoffs an der Gärung gingen die Meinungen der Chemiker auseinander. Priestley hatte angenommen, dass der Sauerstoff der Luft auch für das Zustandekommen der Gährungs- und Fäulnissprocesse unerlässlich sei; seine Ansicht fand Vertreter in Brugnatelli, Hildebrand, Böckmann und Anderen. Gay-Lussac[1]) zeigte sodann 1810, dass der Sauerstoff zum Beginne der Gärung nothwendig sei, später jedoch fehlen könne, und sprach sogar, gestützt auf einige (nicht ganz fehlerfreie) Versuche, die Ansicht aus, dass frischer Weinmost und Bierwürze bei völligem Abschluss der atmosphärischen Luft, allein durch die Einwirkung reinen Sauerstoffgases in

[1]) Annales de Chimie, Bd. 76 1810.

Gärung versetzt werden könne. Diese Ansicht, nach welcher also der Sauerstoff der Luft Gärungserreger sein soll, wurde jedoch, wie wir in einem früheren Kapitel bereits erwähnten, vollständig widerlegt theils durch die Versuche von Th. Schwann (1837), welcher geglühte sauerstoffhaltige Luft wochenlang zu Zuckerlösungen hinzutreten liess, ohne Gärung zu erregen, theils auch durch Helmholtz (1843), welcher selbst reines, electrolytisch ausgeschiedenes Sauerstoffgas in Zuckerlösungen ohne Wirkung fand. —

Eine neue Aera begann für die Gärungslehre mit den Untersuchungen über die Natur der Hefe. Leeuwenhoek[1]) hatte im Jahre 1680 mit unvollkommenen Instrumenten die Hefe des Weins und des Bieres microscopisch geprüft und ihre Zusammensetzung aus kleinen rundlichen Kügelchen erkannt, welche er nach selbst gefertigten Wachsmodellen abbildete und mit den Blutkügelchen identificirte. Diese fast über ein Jahrhundert lang vergessene Entdeckung wurde im Jahre 1803 durch Thénard[2]) wieder an das Tageslicht gezogen. Er machte von Neuem darauf aufmerksam, dass die Hefe eine belebte Substanz (matière animale) sei und wies durch Uebertragung in Fruchtsäfte ihre gärungserregende Eigenschaft, sowie ihre Vermehrung bei der Gärung nach. Es gelang ihm, mit dem bei der Gärung erhaltenen weissen Präcipitat in frischen Fruchtsäften immer wieder Gärung zu erregen und Hefe zu erzeugen. Im Jahre 1822 erkannte Persoon bereits darin ein pflanzliches Geschöpf, einen Pilz, und bezeichnete die in gärenden Flüssigkeiten sich abscheidenden flockigen oder häutigen Massen mit dem Namen „Mycoderma“ (Kahmpilz).

Desmazières[3]) gab dann 1826 die ersten genaueren Abbildungen und Beschreibungen der Hefezellen, hielt sie jedoch nicht für Pflanzen, sondern für Thiere („animalcula monadina“). Er unterschied bereits 2 Species, Mycoderma vini und M. cerevisiae.

Wirklich erwiesen wurde aber die pflanzliche Natur der Hefezellen erst durch Cagniard Latour[4]) (1836) und Th. Schwann

---

[1]) Leeuwenhoek: Arcana naturae detecta. Delphis Batavorum, 1695, p. 1—7 (Epistola anni 1680).

[2]) Thénard: Sur la fermentation vineuse. Annales de Chimie, Bd. 46, p. 294.

[3]) Desmazières: Annales des sciences natur., Bd. X, p. 43.

[4]) Cagniard Latour: Mémoire sur la fermentation vineuse. Annales de Chim. et Phys., 2. Série, T. 68, p. 206. — L'Institut. 23. Nov. 1836.



(1837). Ersterer sah in gärender Maische, wie eine halbe Stunde nach dem Zusatz der Hefe isolirte Hefezellen auftraten, welche später zu zweien, dann auch zu Reihen von 3, 5 bis 8 Zellen sich an einander schlossen und schliesslich zu Boden sanken; er schloss daraus, dass die Hefezellen bei der Gärung sich vermehren und Samen ausschicken, die sich sogleich wieder zu neuen Zellen entwickeln. Schwann[1]) endlich verfolgte deutlich ihr Wachsthum unter dem Microscop und beschrieb zum ersten Mal genauer die Zusammensetzung der Hefe, sowie die Art ihrer Fortpflanzung durch Sprossbildung. Er beobachtete ihre Entwickelung stundenlang bei 20° Réaumur in frisch ausgepresstem Traubensaft und sah sie continuirlich sich vergrössern, wachsen und vermehren. „Kurz das Ganze — sagt er — hat grosse Aehnlichkeit mit manchen gegliederten Pflanzen und ist ohne Zweifel eine Pflanze. .... Die Beobachtung ihres Wachsens lässt aber über ihre Natur als Pflanzen keinen Zweifel.“ Prof. Meyen[2]) bestätigte diese Diagnose und erklärte den Pilz für einen Fadenpilz („Saccharomyces“). Kützing[3]) dagegen, welcher gleichfalls (1837) die Zusammensetzung der Hefe aus microscopischen Pflanzenzellen richtig erkannt hatte, rechnet dieselbe unter der Bezeichnung „Cryptococcus fermentum“ (cerevisiae) zu den Algen, weil sie des Myceliums entbehrt.

Diese Angaben wurden später auch noch von Quevenne, Turpin, Mitscherlich u. A. im Wesentlichen bestätigt.

Damit war also die pflanzliche Natur der Hefe erwiesen und die Lehre von der gärungserregenden Wirkung der Hefe in ganz neue Bahnen gelenkt. Die Entdeckung, dass man es in dem Ferment der Gärung mit organisirten Zellen, mit lebenden Organismen zu thun habe, eröffnete unerwartete Gesichtspunkte und schuf im Laufe der nächsten Decennien eine Reihe von Theorieen, welche die Gärung erregende Eigenschaft der Hefe theils auf physicalische, theils auf chemische, theils auf physiologische Wirkungen derselben zurückzuführen suchten. Wir wollen der besseren

---

[1]) Th. Schwann: Vorl. Mitth., betr. Versuche über die Weingärung und Fäulniss. Annalen der Physik und Chemie, 1837. Bd. 41, S. 184.

[2]) Ebenda.

[3]) Kützing: Untersuchungen über die Hefe und Essigmutter. Journal f. prakt. Chem., Bd. 11, S. 385.

Uebersicht halber die einzelnen Ansichten in 5 Gruppen theilen und nacheinander in Kürze besprechen.

Die hauptsächlichsten Theorieen sind folgende:

1) Die Hefe wirkt durch Porosität, d. h. durch mechanische Aufsaugung der atmosphärischen Luft und Uebertragung des Sauerstoffs an den gärungsfähigen Körper — Braconnot (1831) und Schubert (1846).
2) Der Gärungsvorgang beruht auf der catalytischen Wirkung der Hefe — Berzelius (1827 und 1839); mit anderen Worten, auf der Contactwirkung derselben — Mitscherlich (1844).
3) Die Hefe, sowie die Fäulnisserreger wirken als chemische Fermente — M. Traube (1858).
4) Gärung und Fäulniss sind Folge der Mittheilung einer chemischen Bewegung, welche ausgeht von einem in Zerfall begriffenen eiweissartigen Körper (Ferment) — J. Liebig (1839).
5) Hefe und Vibrionen wirken als lebende Organismen gärung- und fäulnisserregend (vitalistische Theorie) — Th. Schwann (1837), Pasteur (1857—64).

Von allen diesen Theorieen ist streng genommen noch keine bis zum heutigen Tage vollständig widerlegt oder aufgegeben worden; manche von ihnen zählen noch ihre Anhänger, wenn auch in sehr verschiedener Anzahl. Allein wenn auch jede dieser Ansichten durch Gründe der Beobachtung und der Analogie von den einzelnen Urhebern gestützt worden ist, so lässt sich doch bei genauerer Prüfung in der grösseren oder geringeren Wahrscheinlichkeit derselben schon heute ein sehr wesentlicher Unterschied zwischen ihnen erkennen.

Braconnot[1]) und Schubert[2]) gingen von der Fähigkeit einer Reihe poröser Körper, z. B. des Platinschwamms, der Kohle, des Asbests, des Thons, Eisenoxyds und Bimsteins aus, gewisse Luftarten, z. B. Sauerstoff, mechanisch aufzusaugen, in sich zu condensiren und dadurch bei Berührung mit anderen Körpern energisch

---

[1]) Braconnot: Examen chimique de la lie de vin. Annal. de Chim. et Phys., Bd. 47, p. 59.

[2]) Schubert: Bemerkungen zu Liebig's Versuchen über die Natur der Hefe. Poggendorf's Annalen, Bd. 69, S. 157. — Derselbe: Ueber die Wirkung der Hefe. Ebenda Bd. 77, S. 197.



oxydirend zu wirken. Sie schrieben diese Fähigkeit auch der Hefe, als einer aus kleinen Kügelchen zusammengesetzten, also unzweifelhaft porösen Materie zu und deutete ihre Fermentwirkung als eine oxydationsvermittelnde. In der That ist nun auch die Eigenschaft, O zu absorbiren, für die Hefe und Schizomyceten nachgewiesen worden, allein ob mechanisch, im Sinne Braconnot's und Schubert's, oder ob chemisch, ist dabei noch zweifelhaft. Wenn nun auch eine oxydationsvermittelnde Wirkung dieser Hefe-Organismen nach neueren Untersuchungen bei manchen Störungen wirklich statt hat, so sind doch Alkoholgärung und Fäulniss, wie wir sahen, keine einfachen Oxydationsvorgänge. Die Theorie von Braconnot erklärt daher wohl eine, aber nicht alle Wirkungen des Ferments. Im Jahre 1846 theilte Brendecke sehr merkwürdige Versuche mit, in welchen es ihm gelungen sein soll, in Traubenzuckerlösungen mittelst Stroh, Papier, Thier- und Pflanzenkohle, Schwefelblumen und anderer poröser Körper Alcoholgärung zu erzeugen [1]). Seine Versuche konnten jedoch weder von Berzelius, noch von Döpping und Struve bestätigt werden.

Berzelius [2]) stellte Gärung und Fäulniss in eine Reihe mit gewissen Umsetzungen, welche bestimmte zersetzungsfähige Körper bei blosser Berührung mit anderen Stoffen erleiden (Catalyse). Wie Wasserstoffsuperoxyd durch Goldoxyd oder durch fein vertheiltes Platin in Wasser und Sauerstoff zerlegt wird, wie der Platinschwamm unter heftiger Temperaturerhöhung Alcohol zu Essigsäure oxydirt, ebenso wirkt auch die Hefe auf gärungsfähige Körper, indem sie die Affinitätsverhältnisse ihrer Molecüle stört und diese, unter Mitwirkung von Wasser und Sauerstoff, zu neuen Verbindungen sich ordnen lässt. Der catalysirende Körper ist also das Ferment, die sich zersetzende Materie der gärende Körper.

Dabei unterschied Berzelius 2 Gruppen von catalysirenden Stoffen: in dem einen Falle bleibt nämlich der catalytische Körper selbst unverändert; hierher gehört der Platinschwamm, fein vertheiltes Gold und die Schwefelsäure (bei der Umwandlung der Cellulose in Traubenzucker). Im anderen Falle wird der auflösende Körper verändert oder zerstört; zu diesen Stoffen rechnete

---

[1]) Archiv der Pharmacie, Bd. 40, S. 10, und Bd. 42, S. 133.

[2]) Berzelius: Lehrbuch der Chemie (übersetzt von Wöhler), 1827; und Berzelius: Jahresberichte (übers. von Wöhler), 1839, S. 401; 1840, S. 558.



er das Goldoxyd, die pflanzlichen und thierischen Fermente und die Hefe, weil die Wirkung der letzteren nur eine begrenzte Zeit fortdauert. Berzelius betrachtete dabei die Hefe als chemischen Körper; dass sie aus lebenden Organismen bestehe, davon vermochte er sich nicht zu überzeugen, vielmehr bezeichnete er die von Schwann (1837) darüber aufgestellte Theorie als „eine wissenschaftlich poetische Fiction"[1]). Im Allgemeinen schrieb er den catalytischen Processen eine grosse Bedeutung zu. „Geheimnissvoller," — sagte er — „als die Vis occulta, wirkt die catalytische Kraft in den Processen der Natur." — Man hat der Theorie von Berzelius vorgeworfen, dass sie für die gärungserregende Wirkung der Hefe nur einen anderen Namen „catalytische Wirkung" einführe, aber für das Wesen nichts erkläre (Gerhardt). Dieser Vorwurf erscheint jedoch nicht gerechtfertigt; denn Berzelius dachte sich in der That die Hefewirkung als einen ganz bestimmten, eigenthümlichen Vorgang, wie er nur einer besonderen Gruppe von chemischen Körpern zukommt. Seine Theorie fand daher auch, besonders bei den Chemikern, viele und namhafte Anhänger.

Vor Allem war es Schönbein[2]) in Basel (1839), welcher die Lehre von den catalytischen Erscheinungen vervollständigte und erweiterte. Er zeigte zuerst, dass der bei der Zersetzung des Wasserstoffsuperoxyds auftretende O nicht gewöhnlicher Sauerstoff, sondern Ozon sei. Diese catalysirende Wirkung auf H_2O_2 übt eine grosse Zahl von Stoffen aus, neben den genannten Metallen und Metalloxyden, namentlich gewisse organische Substanzen, z. B. der Kleber, die Diastase, das Emulsin, Myrosin nnd andere Pflanzenstoffe, ferner Pilze und Schimmelpflanzen, endlich die Fermente des Thierkörpers, Ptyalin, Pepsin und Pancreatin. Schönbein zeigte weiterhin, dass diese Substanzen dadurch zugleich auch die Fähigkeit erhalten, den ozonisirten Sauerstoff mit Körpern chemisch zu verbinden, welche ihn für sich aus der Luft nicht aufzunehmen vermögen. Eine mit H_2O_2 versetzte Guajatinctur z. B. bläut sich nach Zusatz eines dieser Stoffe, während sie für sich an der Luft unverändert bleibt.

Diese eigenthümliche und, wie es scheint, allen thierischen

[1]) Berzelius: Lehrbuch der Chemie (übers. von Wöhler), Bd. 8, S. 84.

[2]) Schönbein: Journ. f. prakt. Chemie, Bd. 63, S. 323, und Bd. 89, S. 323. — Verh. d. Baseler naturf. Ges. IV, 797; Bd. V, 1—15.



und pflanzlichen Fermenten zukommende Wirkung identificirte also Schönbein mit der gärungserregenden Eigenschaft der Hefe. Er glaubte diesen Nachweis der Identität dadurch geführt zu haben, dass er zeigte, dass alle diese Stoffe (Fermente) zugleich auch ihre fermentirenden Eigenschaften verlieren, wenn man sie ihrer catalytischen Fähigkeit beraubt. Erhitzte oder mit Schwefelwasserstoff behandelte Hefe z. B. verliert, wie andere Fermente, sowohl ihre fermentirenden, als auch ihre catalytischen Eigenschaften.

Ganz ähnlich verhält sich auch das Gift der Syphilis und der Pocken. Syphilitisches Blut und Pockenlymphe wirken gleichfalls lebhaft catalysirend auf Wasserstoffsuperoxyd; sie verlieren aber, wie Schönbein nachwies, diese Wirkung durch alle dieselben Agentien, welche ihre Giftigkeit aufheben.

Während also Berzelius die Wirkung der Hefe nur durch analoge chemische Vorgänge zu erklären suchte, gab Schönbein der Theorie zuerst eine thatsächliche experimentelle Grundlage. Ja, er zeigte sogar zum ersten Male einen Weg, der lange vermutheten Aehnlichkeit zwischen den Gärungsprocessen und der Wirkungsweise gewisser Krankheitsgifte durch das Experiment näher zu treten.

Der von Berzelius gegebenen Erklärung der Gärungserscheinungen schloss sich auch Mitscherlich[1]) (1841) an; nur unterschied er sich dadurch von der ursprünglichen Fassung, dass er für die Bezeichnung „catalytische Wirkung“ den neuen Namen „Contactwirkung“ einführte, ohne dadurch das Verständniss dieser Processe irgendwie zu fördern. Dagegen erkannte er die Hefe, das Ferment der Alcoholgärung, als lebenden und zwar pflanzlichen Organismus an, während er als Fermente der Fäulniss im Sinne von Schwann die Bakterien und Vibrionen betrachtete, welche er mit Ehrenberg für Thiere hielt.

Berzelius' Lehre wurde später durch die vitalistische Theorie verdrängt. In neuester Zeit hat sich K. B. Hofmann[2]) derselben

---

[1]) Mitscherlich: Monatsber. d. Berl. Akademie d. Wissensch., Decbr. 1841, S. 392 — und Poggendorf's Annalen, 1842, Bd. 55, S. 225, ferner 1843, Bd. 59, S. 97.

[2]) K. B. Hofmann (Professor der Chemie in Krakau): Ueber den Gärungsprocess vom medicinisch-chemischen Standpunkt. Vortrag. Mittheilungen des ärztl. Vereins zu Wien, 1873, No. 10 ff.



mit warmem Eifer wieder angenommen und sie offen als die „Anfänge einer Gärungstheorie bezeichnet, welche nach den gegenwärtigen Anschauungen der Chemie die meiste Aussicht auf eine befriedigende Lösung der Frage zu haben scheint“.

Hofmann geht dabei, indem er dies näher zu begründen sucht, von der von Bunsen gegebenen Erklärung der chemischen Affinität aus. In einer chemischen Verbindung sind die Atome fast nie so vollkommen in ihrer Affinität gesättigt, dass sie auf eine andere Verbindung, mit welcher sie in Berührung kommen, keinen Einfluss üben und auch von ihr keinen erleiden sollten. Diese Wechselwirkung von Atomgruppen ist bei den einzelnen Körpern der anorganischen und organischen Reihe natürlich sehr verschieden. In dem einen Falle ist die chemische Affinität der beiden Körper so stark, dass ihre Atomgruppen sich mit einander verbinden; so verbindet sich eine Base mit einer Säure zu einem Salz. Im anderen Falle verbindet sich nur ein Theil einer Atomgruppe mit dem zweiten Körper, während der andere Theil der Gruppe, dem Zuge nicht folgend, sich abspaltet, z. B. ein kohlensaures Salz mit einer Säure unter Entwickelung von CO_2. Im dritten Falle kommt es nur zu einer Spannung der Atome innerhalb beider Molecüle, die mit der Aufhebung des Gleichgewichts beider, d. h. dem Zerfall beider, sich ausgleicht, z. B. bei der Einwirkung von Goldoxyd auf Wasserstoffsuperoxyd oder von Emulsin auf Amygdalin. Endlich im vierten Falle kann das Verhalten so sein, dass von beiden Molecülen das eine sehr leicht zerfällt und die Spaltungsproducte desselben auf das andere Molekul keine besondere Wirkung ausüben; alsdann wird dieser unzersetzte Körper (Ferment) natürlich in der Lage sein, bei der Berührung mit dem ersteren immer neue Mengen desselben zu zerlegen, ohne selbst weiter verändert zu werden (Gärung).

Es ist nicht zu läugnen, dass diese vom atomistischen Standpunkte aus gegebene Erklärung der catalytischen Wirkungen an sich eine ganz verständliche ist und den Anforderungen der modernen Chemie vollkommen entspricht. Allein dennoch leidet auch sie an einem unverkennbaren Mangel. Sie setzt nämlich, um die Gärungserscheinungen catalytisch erklären zu können, das Vorhandensein einfacher chemischer Körper als Fermente voraus; wir wissen nun aber, dass wir es in der Hefe nicht mit einer einfachen chemischen Verbindung (Atomgruppe), sondern mit einem

complicirten Organismus zu thun haben, welcher die Deutung der Gärung als blosse Wirkung der chemischen Affinität vor der Hand kaum zulässig erscheinen lässt. Zwar wird das Vorhandensein eines ungeformten Ferments in der Hefe, — ebenso wie in anderen organisirten Gebilden, z. B. in den Pflanzensamen, in den Drüsenzellen — allerdings von Manchen vermuthet. Allein bei aller Sympathie, welche ich persönlich gerade dieser Auffassung schenke, müssen wir uns doch immer bewusst bleiben, dass der Nachweis eines solchen Hefeferments bis jetzt nicht hat geführt werden können. Neuere Untersuchungen machen überhaupt, wie später gezeigt werden wird, die Existenz eines solchen nicht gerade wahrscheinlich. —

Während Hofmann also allgemein das Wesen der catalytischen (fermentativen) Zersetzungen zu erklären sucht, giebt M. Traube[1]) in seiner „Theorie der Fermentwirkungen" eine genauere Classificirung dieser Processe.

Traube unterscheidet 3 Gruppen von Fermenten:

1) solche, welche freien Sauerstoff aufnehmen und wieder abgeben (Oxydationsfermente);
2) solche, welche den Sauerstoff aus festen Verbindungen frei machen und an sich ziehen (Reductionsfermente); und
3) solche, welche das Wasser unmittelbar zerlegen unter Entbindung von Wasserstoff (höchste Fäulnissfermente).

Gemeinsam ist allen 3 Gruppen die Fähigkeit, O leicht anzuziehen und an andere, gärungsfähige Körper abzugeben.

Die Hefe rechnete Traube zu den Fäulnissfermenten und erklärte ihre Wirkung folgendermassen. Der gärungsfähige Körper (Zucker, Harnstoff) besteht aus 2 Atomgruppen, von denen die eine (A) eine grosse Affinität zu O, die andere (B) eine solche zu H hat. Durch die Hefewirkung wird nun das Wasser in seine Bestandtheile H und O zerlegt; durch H wird die Atomgruppe B zu Alcohol (resp. Ammoniak) hydrirt, durch O die Gruppe A zu CO_2 oxydirt. Es entsteht also auf diese Weise in dem einen Falle das Bild der Alcoholgärung, in dem anderen das Bild der Fäulniss des Harns. — Es ist an dieser Theorie natürlich sehr viel Hypo-

[1]) Moritz Traube (Bruder des kürzlich verstorbenen Klinikers, jetzt Weinhändler in Breslau): Zur Theorie der Gärungs- und Verwesungserscheinungen, sowie der Fermentwirkungen überhaupt. Poggendorf's Annalen, 1858, Bd. 103, S. 331. — Derselbe: Theorie der Fermentwirkungen. Berlin, 1858.



these; es muss daher vor der Hand dahingestellt bleiben, inwieweit die gegebene Erklärung den wirklichen Vorgängen, namentlich bei den Gärungen, entspricht. Thatsache ist aber, dass bei einer Reihe von Fäulnissprocessen eine Entbindung von freiem Wasserstoff wirklich stattfindet. Traube selbst beobachtete solche Zersetzungen in vorgeschrittenen Fäulnissstadien des Klebers und Caseins, ferner bei der Umwandlung des milchsauren Kalks in buttersauren Kalk; in neuerer Zeit haben sich diese Beobachtungen noch erheblich gemehrt. Wir werden später sehen, wie dieser Theil der Traube'schen Theorie, welcher dem Processe der Wasserzersetzung bezw. der Wasserstoffentwickelung einen wichtigen Antheil an den bei der Fäulniss vorkommenden Reductionen und Umsetzungen zuschreibt, durch die neueren chemischen Untersuchungen eine wesentliche Erweiterung und Bestätigung erfahren hat, ja möglicher Weise Aussicht bietet, einen klareren Einblick in die Wirkungsweise der Fäulnissfermente zu gewähren.

Auch für die zweite Kategorie der Traube'schen Fermente — welchen Traube also die Fähigkeit zuschreibt, den O aus festen Verbindungen an sich zu ziehen und dadurch reducirend auf den gärungs- und fäulnissfähigen Körper zu wirken — sind in neuerer Zeit thatsächliche Beweise beigebracht worden, insbesondere von Pasteur, Lex und Hüfner. Ich kann jedoch auf diese Untersuchungen erst später im Zusammenhange eingehen. Ein Unterschied besteht nur, wie ich vorweg bemerke, darin, dass die letztgenannten Forscher jene Fähigkeit für lebende Organismen, und zwar die Micrococcen und Bakterieen der Fäulniss, nachwiesen, während Traube (damals) als Gärungs- und Fäulnissfermente bestimmte chemische Verbindungen betrachtete, hervorgegangen aus der Umsetzung der Proteinstoffe unter Mitwirkung von Wasser. In dieser Ansicht stimmte Traube mit vielen Chemikern seiner Zeit, insbesondere mit J. v. Liebig, überein.

Die Eigenthümlichkeit der Liebig'schen, von allen übrigen Theorieen abweichenden Auffassung der Gärungs- und Fäulnissprocesse beruht in dem Grundsatz, dass ein im Zustande der Verbindung oder Zersetzung begriffener Körper fähig ist, gewissen anderen Körpern den nämlichen Zustand der Bewegung oder Thätigkeit zu ertheilen, in welchem sich seine Atome befinden, d. h. also durch seine Berüh-

rung mit anderen Körpern diese zu befähigen, Verbindungen einzugehen oder Zersetzungen zu erleiden[1]).

Diesen Satz hat Liebig mit einem grossen Aufwand von Scharfsinn und Kenntnissen an dem Verhalten anorganischer Körper zu beweisen gesucht. Zinn z. B. zerlegt die Salpetersäure mit ausserordentlicher Leichtigkeit, das Wasser dagegen nicht; wird aber Zinn mit wasserhaltiger Salpetersäure in Berührung gebracht, so zersetzt sich nicht blos die Salpetersäure, sondern auch zugleich das Wasser; es wird also der Vorgang der Zersetzung von der Säure auf das Wasser mit übertragen. Selbst mechanische und atomistische Bewegungen, z. B. Aenderung der Temperatur, Electricität, Reibung u. s. w., reichen bei manchen Körpern schon hin, das statische Moment der Anziehung der Bestandtheile aufzuheben und eine Form- und Zustands-Aenderung der Materie zu bewirken. Es wirkt nach Liebig ein in der Veränderung begriffener Körper auf den benachbarten anderen in ähnlicher Weise, wie ein brennender Körper auf einen verbrennlichen; nur, meint er, liegt ein Unterschied darin, dass dort die Ursache der Uebertragung eine chemische Action ist, hier die in jedem Zeitmoment neu erzeugte Wärme. (Nach neueren Anschauungen ist übrigens auch die Wärme eine Bewegung und die Folge einer chemischen Action, der Verbrennung).

Ebenso sind auch Gärungs- und Fäulnissfermente ohne Ausnahme stickstoffhaltige Körper, deren Elemente sich im Zustande der Veränderung oder Zersetzung befinden. In der Hefe sind es die löslichen Proteinsubstanzen der Zelle, welche durch ihren Zerfall den Zerfall des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure anregen. Ueberhaupt kann nur ein gelöster Körper die Gärung in der Zuckerlösung bewirken; ein unlösliches, festes (organisirtes) Ferment gab Liebig nicht zu. Wenn man Wein- oder Bierhefe sorgfältig mit ausgekochtem destillirten Wasser auswäscht, bringt der Rückstand, obwohl noch vollkommen lebensfähig, keine Gärung hervor; auch der klare wässerige Ausgang der Hefe bewirkt für sich anfänglich die Gärung des Zuckers noch nicht,

[1]) J. v. Liebig: Ueber die Erscheinungen der Gärung, Fäulniss und Verwesung und ihre Ursachen. Annalen der Pharmacie, Bd. 30, S. 250. — Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. 6. Aufl. Braunschweig, 1846, S. 374—584. („Die Ursachen, wodurch Gärung und Fäulniss bewirkt werden.")



wohl aber, wenn er eine Zeit lang an der Luft gestanden und aus derselben O aufgenommen hat. Nicht die wachsende und sich vermehrende Hefezelle, wie Pasteur behauptet hatte, sondern die abgestorbene und faulende Hefezelle oder doch todte Bestandtheile derselben sind es, welche die Spaltung des Zuckermoleküls zur Folge haben. Die Gärung ist in dieser Beziehung ein „correlatives Phänomen des Todes“, aber nicht, wie Pasteur lehrte, ein „correlatives Phänomen des Lebens“.

Dieselbe Wirkung, wie die Bierhefe, hat auch eine ganze Reihe anderer faulender Körper, z. B. faulendes Muskelfleisch, Urin, Hausenblase, Eiweiss, Käse, Kleber, Legumin und Blut. Ja die Hefe selbst, welche durch anhaltendes Auswaschen ihre Fähigkeit, Gärung zu erregen, gänzlich verloren hat, erhält sie wieder, wenn sie, an einem warmen Orte sich selbst überlassen, in Fäulniss übergegangen ist. In diesem Sinne vermögen auch alle Substanzen, welche der Fäulniss entgegenwirken, als Siedehitze, Alkohol, Kochsalz, Sublimat, ätherische Oele und Säuren, die Eigenschaften des Ferments zu verringern oder zu vernichten. — Da ferner das Ferment in fortwährender Veränderung begriffen ist, so wird es, je nach seinem augenblicklichen Zustande, auch eine verschiedenartige Bewegung auf den gärungsfähigen Körper übertragen und so verschiedene Gärungsproducte erzeugen können, wie z. B. die Nebenproducte (Bernsteinsäure, Cellulose, Fett) bei der Alkoholgärung. Ebenso werden auch verschiedene faulende Körper (Fermente) denselben gärungsfähigen Stoff in verschiedener Weise zerlegen; es erklärt sich so nach Liebig die Thatsache, dass der nämliche Zucker, welcher mit Hefe in Alkohol und Kohlensäure zerfällt, sich bei Berührung mit faulendem weissen Käse in Buttersäure, unter Entwickelung von Wasserstoffgas, und durch Lab in Milchsäure zerlegt.

In seiner neuesten Arbeit über Gärung hält Liebig nicht bloss an seiner alten Ansicht fest, sondern er führt auch noch weitere Gründe dafür in's Feld. Als eine Stütze der Ansicht, dass Zersetzungen (chemische Bewegungen) in den Hefezellen oder in dem Ferment derselben die Ursache des Zerfalls im Zuckermoleküle sind, betrachtet er hauptsächlich die Thatsache, dass alle bisher ausgeführten chemischen Analysen der Bierhefe abweichende Resultate ergeben haben. Hieraus schliesst Liebig, „dass die Zusammensetzung der Hefe wechselt, man kann

sagen, von einem Tage zum andern; und dies ist wohl ein sicheres Merkzeichen der Veränderungen, die unausgesetzt in ihrer Substanz vor sich gehen." Weitere von ihm geltend gemachte Gründe werden wir später bei Besprechung seiner Controverse mit Pasteur kennen lernen.

Liebig's Gärungstheorie ist ohne Zweifel die älteste von allen. Ihre Grundidee wurzelt schon in den Anschauungen Willis' und Stahl's, welche — fast 200 Jahre vor Liebig — das Ferment als einen in innerer Bewegung begriffenen Körper definirten und ihm die Fähigkeit zuschrieben, diese Bewegung der umgebenden gärungs- und fäulnissfähigen Materie mitzutheilen. Später hatten Laplace und Berthollet in ganz ähnlichem Sinne für eine Reihe von Naturerscheinungen den wichtigen Grundsatz aufgestellt: „Ein durch irgend eine Kraft in Bewegung gesetztes Atom (Molekül) kann seine eigene Bewegung einem anderen Atom mittheilen, welches sich in Berührung damit befindet", — ein Satz, der schon unverkennbar die Züge der Liebig'schen Gärungstheorie an sich trägt. Der Willis'schen Ansicht schloss sich auch der berühmte holländische Arzt Boerhave an, und unter den Zeitgenossen und Schülern Liebig's fand die Theorie bis in unsere Zeit hinein viele Anhänger.

Allein auch von Anfang an fehlte es derselben nicht an beachtenswerthen Gegnern. Der französische Chemiker J. Dumas namentlich hatte eine Reihe von Versuchen angestellt, welche die Hypothese von der mitgetheilten Bewegung widerlegen sollten. Zwei gärungsfähige Zuckerlösungen, von denen die eine mit Hefe versetzt, die andere rein war, wurden in einer U-förmigen Röhre theils durch geringe Mengen einer Sperrflüssigkeit, theils durch ein dünnes Collodiumhäutchen von einander getrennt. Während die eine hefehaltige Lösung bald in Gärung überging, blieb die andere stets unzersetzt.

Dieser Einwand kann jedoch kaum ernstlich als solcher betrachtet werden. Liebig hatte niemals behauptet, dass das Ferment auf messbare Entfernungen hin seine Bewegung übertragen könne, überhaupt sich die chemische Bewegung nicht als eine wellenförmige Massenbewegung der Theilchen vorgestellt, vielmehr die Nothwendigkeit der Berührung ausdrücklich hervorgehoben. Dass ohne unmittelbaren Contact zwischen Hefe und Zuckerlösung die Alkoholgärung nicht zu Stande komme, hatten ja schon Mitscherlich (1844), Blondeau (1846) und Hoffmann (1860)

nachgewiesen, indem sie die Hefe theils durch Pergamentpapier, theils durch einen Baumwollenpfropfen von der Zuckerlösung trennten[1]). Auch Helmholtz hatte in seiner mehrfach citirten Arbeit gezeigt, dass von zwei Traubenzuckerlösungen, welche durch eine thierische Membran von einander getrennt sind, nur die äussere, mit der Luft in Berührung befindliche Lösung in Alkoholgärung übergeht, die innere durch die Membran abgesperrte Flüssigkeit dagegen nicht, trotzdem eine Endosmose der äusseren Gärungsflüssigkeit in die innere statt hat[2]).

„Alle Materien, welche Verbindung oder Zersetzung bewirken, sind in dieser Beziehung Contactsubstanzen“ (v. Liebig).

Schwerer dürfte dagegen ein anderer Versuch mit der Hypothese Liebig's vereinbar sein. Dumas[3]) hatte beide Zuckerlösungen in ähnlicher Weise, wie in den obigen Versuchen, jedoch ohne Zwischenschicht, vorsichtig über einander gegossen, so dass sie sich nicht mischten. Auch in diesem Falle erfolgte die Gärung nur in der oberen hefehaltigen Lösung, in der unteren hefefreien Flüssigkeit dagegen nicht. Dieser Versuch ist meines Wissens bisher nicht widerlegt oder bestritten worden. — Ebenso lässt sich die folgende Beobachtung nur schwer mit der Theorie Liebig's in Einklang bringen. Wenn man eine Flüssigkeit, in welcher die Gärung eingeleitet ist, filtrirt und so die Hefe abtrennt, so hört in diesem Filtrat die Gärung von diesem Augenblicke an auf. Gegen den daraus gefolgerten Einwand, dass die einmal eingeleitete Bewegung auch in dem Filtrat hätte fortdauern müssen, schützte sich Liebig[4]), indem er noch kurz vor seinem Tode (1869) replicirte, „dass die Wirkung des Gärungserregens auf die gärungsfähige Substanz fortdauere oder ihr Ende finde mit der Dauer oder der Beendigung des im Ferment bestehenden Umsetzungsprocesses .... und nur bei Berührung beider stattfinde. Die Umlagerung der Zuckeratome im Zuckermoleküle ist demnach eine Folge der Zersetzung oder Umlagerung eines oder einiger Bestandtheile des Fer-

---

[1]) Annalen der Chemie, Bd. 115, S. 228.

[2]) Müller's Archiv, 1843, S. 453.

[3]) Compt. rend. 1872, Bd. 75, No. 6, S. 277—295. — Auch: Gazette de Paris, 1872, p. 312. — Ferner im Auszuge: Naturforscher, 1872, No. 43, und Allg. med. Centralzeitung, 1873, S. 593.

[4]) Verhandlungen der Münchener Akademie der Wissenschaften vom 5. November 1869. — Auch: Annalen der Chemie und Pharmacie. 1870.



mentes; sie findet nur bei Berührung beider statt." Allein Liebig nahm auch an, dass das Hefeferment gelöst sein müsse; und in diesem Falle ist nicht wohl einzusehen, warum die löslichen Proteinstoffe ihre Bewegung auf das Filtrat nicht hätten übertragen sollen.

Ferner hatte Liebig angegeben, dass ebenso, wie die Hefe, noch viele andere faulende Stoffe die Alkoholgärung des Zuckers bewirkten. Dumas hatte daraufhin Zuckerlösungen mit faulenden Muskelstückchen und anderen in Zersetzung begriffenen Substanzen zusammengebracht; es erfolgte jedoch eine Spaltung des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure dabei nicht.

Wenn man die Argumente Liebig's etwas genauer betrachtet, so wird Einem kaum entgehen, dass sie wesentlich theoretischer Natur sind, d. h. auf Voraussetzungen beruhen, die nicht erwiesen sind. Ohne Zweifel besteht ja der Umsetzungsprocess der gärenden und faulenden Substanz in einer chemischen Bewegung, ohne welche ein chemischer Vorgang überhaupt nicht denkbar ist. Auch das ist zweifellos, dass diese Bewegung durch die Berührung mit einem anderen Körper, dem Ferment, hervorgerufen wird. Aber ob sich dieser Körper nun selbst im Zustande der Bewegung und Zersetzung befindet, ist dabei völlig unerwiesen; dafür hat Liebig nur erläuternde Beispiele aus der anorganischen Chemie anzuführen vermocht, welche meines Erachtens auf fermentative Processe ohne Weiteres nicht anwendbar sind. Der Umstand, dass es sich bei der Hefe um lebende Organismen handelt, welche bei der Alkoholgärung constant in Vermehrung begriffen sind, — eine Thatsache, welche Liebig erst sehr spät anzuerkennen sich entschliessen konnte — macht die Annahme eines todten, in Fäulniss begriffenen Ferments von vornherein unwahrscheinlich. Hier musste sich naturgemäss dem Beobachter zuerst die Frage aufdrängen, ob nicht die Hefezelle als lebender Organismus Gärung zu erregen im Stande sei.

In der That haben schon die ersten Beobachter, welche die Vitalität der Bierhefe erkannten, dieser Anschauung gehuldigt. Seitdem Thénard (1806) die Hefe als Ferment der Gärung und als „lebende Materie" nachgewiesen hatte, gewann die Vorstellung, dass es sich beim Alkoholgärungsprocess um eine Lebenswirkung dieser zelligen Gebilde handele, bei den nachfolgenden Microscopikern, besonders Persoon, Meyen, Cagniard

Latour[1]), Kützing[2]) und Schwann[3]), mehr und mehr an Boden. Diese Ansicht ist seitdem nicht mehr von der Tagesordnung verschwunden. Bezeichnungen, wie „Zuckerpilz" (Saccharomyces, Meyen) und „Fermentalge" (Cryptococcus fermentum, Ktz.), welche sich bis auf den heutigen Tag erhalten haben, sind Beweise für die vitalistische Auffassung ihrer Fermentthätigkeit.

Eine wichtige Stütze namentlich verlieh dieser Theorie eine Beobachtung von Schwann (1837). Nachdem Schwann sich von der organisirten Natur der Hefe überzeugt und durch Gärungsversuche nachgewiesen hatte, dass in vorher abgekochten Rohrzuckerlösungen die geistige Gärung ausbleibe, wenn man die zu denselben hinzutretende Luft vorher glühe und alle darin enthaltenen Keime zerstöre, sprach er bereits die feste Ueberzeugung aus, dass der Hefepilz der eigentliche Erreger der Alkoholgärung sei, dessen Keime durch die Luft in die gärungsfähige Flüssigkeit hineingetragen werden. Er wurde darin aber noch bestärkt durch directe Beobachtung.

Schwann mischte Hefekügelchen mit frisch ausgepresstem Traubensaft und beabachtete ihr Verhalten bei 20° Réaumur unter dem Mikroscop. Er sah die Hefezellen continuirlich sich vergrössern, sprossen und vermehren. Gleichzeitig erfolgte nach einigen Stunden Gasentwicklung, und nach Beendigung derselben setzte sich die Hefe als gelbweisses Pulver am Boden ab. „Der Zusammenhang zwischen der Weingärung und der Entwickelung des Zuckerpilzes ist also nicht zu verkennen, und es ist höchst wahrscheinlich, dass letzterer durch seine Entwickelung die Erscheinungen der Gärung veranlasst.... Da aber zur Gärung ausser dem Zucker ein stickstoffhaltiger Körper nothwendig ist, so scheint es, dass dieser ebenfalls eine Bedingung zum Leben jener Pflanze ist, wie es denn an und für sich schon wahrscheinlich ist, dass jener Pilz Stickstoff enthält. Die Weingärunng wird man sich demnach so vorstellen müssen als diejenige Zersetzung, welche dadurch hervorgebracht wird, dass der Zuckerpilz dem Zucker und einem stickstoffhaltigen Körper die zu seiner Ernährung

---

[1]) Annales de Chemie et Physique, Bd. 68, p. 206.
[2]) Journal f. pr. Chemie, Bd. 11, p. 385.
[3]) Annalen der Physik u. Chemie, Bd. 41, p. 184.

und zu seinem Wachsthum nothwendigen Stoffe entzieht, wobei die nicht in die Pflanze übergehenden Elemente dieser Körper (wahrscheinlich uuter mehreren anderen Stoffen) vorzugsweise sich zu Alkohol verbinden"[1]).

Ich habe diese Beobachtungen und Ansichten Schwann's hier wörtlich mitgetheilt, um zu zeigen, dass die vitalistische Gärungstheorie, deren Aufstellung und Begründung heutzutage gewöhnlich Pasteur zugeschrieben wird, bei Schwann bereits vollständig ausgebildet war. Seine Versuche wurden übrigens einige Jahre später von Ure[2]) (1839) und Helmholtz[3]) (1843) wiederholt und bestätigt. Auch konnten H. Schröder und v. Dusch 1854 die Angabe Schwann's bestätigen, dass nur durch die Luft die die Keime der Hefezellen (und Schimmelpilze) den gärungsfähigen Substanzen zugeführt werden; in ihren Versuchen blieb „eine süsse, gärungsfähige Malzwürze (bei Maitemperatur) durch Wochen völlig unverändert, wenn nur solche Luft Zutritt hatte, welche vorher durch Baumwolle filtrirt worden war"[4]).

In ganz ähnlichem Sinne, wie Schwann, sprach sich übrigens auch Turpin (1839) aus. Er sagte: „Unter Gärung muss man ein Zusammenwirken von Wasser und lebenden Körpern verstehen, die sich ernähren und entwickeln durch Aufnahme eines Bestandtheiles des Zuckers, indem sie daraus Alkohol oder Essigsäure abscheiden, eine rein physikalische Wirkung, welche anfängt und endigt mit der Existenz von Infusionspflänzchen oder — Thierchen, deren Leben erst mit der totalen Erschöpfung der zuckerhaltigen nährenden Materie aufhört"[5]).

Turpin wird daher vielfach als derjenige bezeichnet, welcher zuerst die vitalistische Theorie in abgerundeter Form gelehrt habe; jedoch mit Unrecht, da schon 2 Jahre vorher Schwann demselben Gedanken mit gleicher Klarheit Ausdruck gab. —

Die an Gärungsversuchen verhältnissmässig reiche Literatur

---

[1]) Th. Schwann: Vorl. Mitth., betr. Versuche über die Weingärung und Fäulniss. Gilbert's Annalen der Physik u. Chemie, Bd. 41, S. 184—192.

[2]) Ure: Biblioth. univ. de Genève, 1839, Oct. — Journ f. prakt. Chemie, Bd. 19, S. 186.

[3]) Helmholtz: Ueber das Wesen der Gärung und Fäulniss. Müller's Archiv, 1843, S. 453. — Journal f. prakt. Chemie, Bd. 31, S. 429.

[4]) Annalen d. Chemie u. Pharmacie, Bd. 89, S. 232.

[5]) Compt. rend. Bd. VII, 1838. — Annalen d. Chemie f. Pharmacie, 1839, Bd. 23, S. 100.

der vierziger Jahre, welche grösstentheils durch die bahnbrechenden Untersuchungen Schwann's angeregt wurde, weist noch eine ganze Reihe von Mittheilungen auf, welche die bisher erhaltenen Resultate bestätigen. Wir können natürlich auf die Einzelheiten derselben hier nicht näher eingehen und wollen daher nur soviel daraus hervorheben, als für die weitere Entwickelung der vitalistischen Lehre beachtenswerth erscheint. — Im Jahre 1846 zeigte Lüdersdorff[1]), dass nur die intacte, lebende Hefezelle Gärung zu erregen im Stande ist. Er zerrieb frische Bierhefe gehörig in einem Mörser und zerstörte auf diese Weise die Zellen derselben; eine so behandelte Hefe erregte alsdann keine geistige Gärung mehr und war auch nicht mehr vermehrungsfähig. C. Schmidt[2]), welcher die Versuche wiederholte, fand dabei, dass auch chemisch die Zusammensetzung der Hefe sich ändert, indem dieselbe nicht unbeträchtliche Mengen Ammoniak entwickelt. Mit dieser Hefe konnte er jedoch noch Milchsäuregärung erzeugen. — Wichtiger war das Ergebniss Blondeau's[3]), welcher 1846 zum ersten Male nachwies, dass verschiedenartige Gärungen auch durch ganz verschiedene mikroscopische Organismen bewirkt werden, nämlich die Alkoholgärung nur durch Torula cerevisiae (Saccharomyces), die Milch- und Buttersäuregärung durch Penicillium glaucum (wahrscheinlich verwechselt mit der Gliederhefe, bezw. mit Bacteriden) und die Essigsäuregärung durch Torula aceti (wahrscheinlich Schizomyceten). Endlich lehrte R. Wagner[4]) 1849 die Ober- und die Unterhefe in gärenden Flüssigkeiten kennen und zeigte die Art ihrer Entstehung bei verschiedenem, durch höhere oder niedrigere Temperatur bedingten Gärungsverlauf. —

Wir finden also die vitalistische Theorie der Alcoholgärung bereits vollkommen vorbereitet, als Pasteur im Jahre 1857 seine denkwürdigen Untersuchungen begann, durch welche er diese Lehre nochmals in allen Theilen fest begründete und zugleich wesentlich

---

[1]) Lüdersdorff: Ueber die Natur der Hefe. Poggendorf's Annalen, Bd. 67, S. 408.

[2]) C. Schmidt: Gärungsversuche. Annalen d. Chem. u. Pharmacie, Bd. 61, S. 168.

[3]) Blondeau: Journal de Pharmacie, 1846, Bd. 12, p. 244 u. 336.

[4]) R. Wagner: Eine Bemerkung über die Natur der Hefe. Journal f. prakt. Chemie, Bd. 45, S. 241.

erweiterte. Seine umfassenden, an schätzbaren Details reichen Versuche gehören zu den besten, welche wir in dieser Gattung besitzen.

Den Anlass zu Pasteur's Untersuchungen gaben Versuche des französischen Chemikers Berthelot[1]), welcher die Nothwendigkeit eines organisirten Ferments bei der Alcoholgärung bestritt und chemische Fermente an ihrer Stelle bei derselben thätig glaubte. Berthelot hatte in einer ganzen Reihe bis dahin nicht für gärungsfähig gehaltener Zuckerarten, z. B. Mannit, Glycerin und einiger Glucoside, alkoholische Gärung zu erzeugen vermocht, wenn er statt der Hefe weissen Käse und Kreide den Lösungen hinzusetzte; nur trat bei dieser Gärung neben Kohlensäure und Alkohol stets Wasserstoffgas und Milchsäure auf. Bei Lösungen von Rohrzucker, Traubenzucker, Milchzucker, Gummi und Dextrin gelang die Gärung auch ohne Kreidezusatz, verlief jedoch mit Kreide stets günstiger. Statt Kreide konnte er auch beliebige andere Carbonate der Erden und Metalle, sogar metallisches Eisen und Zink mit Vortheil zur Gärung verwenden; und ebenso ging die Gärung ungestört von Statten, wenn er statt des Käse eine andere stickstoffhaltige Substanz, z. B. Kleber, Legumin, Gelatine u. s. w., als Ferment benutzte. Und was das merkwürdigste war: wenn er Rohrzucker, Traubenzucker und Fruchtzucker auf diese Weise bei Luftzutritt in Gärung versetzte, entwickelte sich regelmässig Hefe in der Flüssigkeit; wenn er dagegen Mannit oder Glycerin zur Gärung verwendete, bildete sich, wie er angiebt, keine Hefe. Ebenso liess sich auch bei den erstgenannten Zuckerarten die Bildung der Hefe verhindern, wenn er die Gärung in einer Kohlensäure-Atmosphäre vornahm.

Aus diesen Versuchen hatte Berthelot folgende Schlüsse gezogen: Die alkoholische Gärung ist nicht abhängig von dem Leben und der Entwicklung der Hefezellen in der gärenden Flüssigkeit, sondern von einem chemischen Ferment. Als ein solches Ferment kann jeder stickstoffhaltige organische Körper thätig sein, auch wenn er nicht organisirt ist und sich einfach als chemische Substanz verhält; die gärungserregende Wirkung desselben scheint daher von der chemischen Beschaffenheit des Ferments und seiner Zersetzung abzuhängen. Diese Wirkung ist ähnlich der fermentativen Wirkung des Emulsins auf Amygdalin.

---

[1]) Marcel Berthelot: Sur la fermentation alcoolique. Compt. rend. 1857, Bd. 44, p. 702. — Auch Journal de Pharmacie et de Chimie, Bd. 32, p. 244.

Diesen Angaben tritt nun Pasteur[1]) noch in demselben Jahre (1857) mit neuen Versuchen entgegen. Er hatte bei der Milchsäuregärung eine besondere Art Hefe (Ferment lactique) entdeckt, welche die eigenthümliche Eigenschaft besitzen sollte, in Zuckerlösungen bei Gegenwart von Kreide Milchsäuregärung, bei Abwesenheit von Kreide Alkoholgärung zu erregen. Auch den Mannit konnte Pasteur durch diese Hefe in Alkoholgärung versetzen, wenn er, wie Berthelot, der Lösung gepulverte Kreide hinzusetzte; es entwickelte sich alsdann nach wenigen Stunden schon in der Flüssigkeit Kohlensäure und Wasserstoffgas, und in der Lösung waren nach beendeter Gärung Alkohol, Milchsäure und Buttersäure nachweisbar. Pasteur schliesst weiter, dass nur ein organisirtes Ferment unter den angegebenen Bedingungen die Gärung zu erregen vermag, und hält Berthelot's Versuche mit eiweissartigen Stoffen nicht für beweisend, weil er seine Flüssigkeiten keiner microscopischen Untersuchung unterworfen habe.

Noch fester begründete er die Auffassung von der biochemischen Thätigkeit der Hefezellen bei der Gärung durch seine nachfolgenden Untersuchungen über die Alkoholgärung. Noch in demselben Jahre 1857[2]) erschien seine erste Arbeit, in welcher er die Abhängigkeit der geistigen Gärung von der Bildung und Entwicklung der Hefezellen zu zeigen suchte. Er hatte Bierhefe mit heissem Wasser ausgezogen und in diesem wässerigen Auszug, nachdem derselbe vorher grob filtrirt worden war, Traubenzucker aufgelöst. Von dieser Flüssigkeit, welche noch eine grosse Menge durch Siedehitze getödteter Hefezellen enthielt, wurde die eine Portion unter Cautelen sich selbst überlassen, die andere mit einer sehr geringen, kaum wägbaren Quantität frischer Bierhefe versetzt. In letzterer erfolgte schon nach wenigen Stunden bei günstiger Temperatur eine Vermehrung der Hefezellen unter gleichzeitiger Entwicklung von Kohlensäure und Bildung von Alkohol, bis zu völliger Erschöpfung des Zuckers; in der ersteren Flüssigkeit dagegen, welche den gleichen Bedingungen ausgesetzt war, blieb die Hefeentwicklung und die Gärung vollständig aus. Es kann also nach Pasteur keinem Zweifel unterliegen, dass die

---

[1]) L. Pasteur: Mémoire sur la fermentation appelée lactique. Compt. rend. 1857, Bd. 45, p. 913. — Annales de Chimie et Phys., Bd. 52, p. 404.

[2]) L. Pasteur: Sur le ferment alcoolique. Compt. rend. 1857, Bd. 45, p. 1032.

geistige Gärung des Traubenzuckers nicht an die Gegenwart der todten Hefekügelchen oder deren Zersetzung, sondern an die Entwickelung und Vermehrung derselben geknüpft ist.

Der oberste Satz seiner Lehre von der Alkoholgärung lautete fortan: Keine Gärung ohne Organismen. Die Gärung beginnt mit dem Hineingelangen der Hefepilze in die Zuckerlösung; sie schreitet fort in dem Maasse, als die Hefepilze sich in ihr entwickeln, und hört auf, sobald die Hefezellen aus derselben entfernt oder (durch Siedehitze) getödtet werden. Eine Alkoholgärung ohne Entwicklung und Vermehrung von Zellen findet niemals statt. Die Hefezelle ist mithin das Ferment und die Alkoholgärung eine Arbeitsleistung derselben. —

In einer folgenden Mittheilung [1]) wies er sodann nach, dass die Hefe einen Theil ihrer Nahrung dem gärungsfähigen Zucker entnimmt und sich auf Kosten der in der Gärungsflüssigkeit enthaltenen stickstoffhaltigen und mineralischen Bestandtheile ernährt. Diese Arbeit ist darum von ganz besonderem Werth, weil sie über die Ernährungsverhältnisse der Hefe bei der Gärung zum ersten Male genaueren Aufschluss giebt, und zweitens, weil sie zeigt, dass die N-haltigen Proteinverbindungen, in welchen Liebig, Berthelot und andere Chemiker das eigentliche Ferment der Alkoholgärung erblickt hatten, zum Zustandekommen der Gärung gar nicht erforderlich sind.

Er verglich zunächst das Gewicht der Bierhefe, welches einer Gärungsflüssigkeit zugesetzt war, mit dem Gewicht derselben nach Beendigung der geistigen Gärung und fand dabei, wie vorher zu erwarten, dass dasselbe erheblich zugenommen hatte. Ohne Zweifel hatten sich also die Hefezellen bei dem Gärungsact vermehrt, und diese Gärung konnte nur auf Kosten der in der Flüssigkeit enthaltenen ernährenden Substanzen erfolgt sein. Da nun die Hefe zum Aufbau ihrer Zellen, insbesondere zur Bildung von Cellulose und Fett, einen kohlenstoffhaltigen Körper braucht und der Zucker die einzige Kohlenstoffquelle der Gärungsflüssigkeit ist, so konnte auch die Vermehrung der Hefezellen nur auf Kosten des Zuckers erfolgt sein. Diese Voraussetzung wurde durch die chemische Analyse der Gärungsflüssigkeit vollkommen bestätigt.

[1]) L. Pasteur: Nouveaux faits concernant l'histoire de la fermentation alcoolique. Compt. rend. 1858, Bd. 47, p. 1011. — Nouvelles recherches sur la fermentation alcoolique. Compt. rend. 1858, Bd. 47, p. 224.

Pasteur wies nämlich nach, dass durchaus nicht aller Zucker bei der geistigen Gärung in Kohlensäure und Zucker umgewandelt wird, wie man früher aus theoretischen Gründen annahm, sondern dass ein Bruchtheil desselben — durchschnittlich 5 pCt. — zur Bildung von Zellenbestandtheilen und gewissen Nebenproducten (Bernsteinsäure, Fette und Glycerin) verwendet wird.

100 Theile Rohrzucker $C_{12}H_{22}O_{11}$ (entsprechend 105,36 Theilen Traubenzucker) geben bei der Gärung nach Pasteur:

Alkohol	51,11	pCt.,
Kohlensäure	49,42	„
Bernsteinsäure	0,67	„
Glycerin	3,16	„
Hefesubstanz	1,00	„

Etwa 4 Theile werden also zur Bildung von Bernsteinsäure (½ pCt.)[1], Glycerin (3 pCt)[2] und Neben-Kohlensäure (½ pCt.) und etwa 1 Theil (1 pCt.) des Zuckers zur Bildung von Cellulose und Fett (Hefensubstanz) verwendet[3]. — Essigsäure dagegen, welche frühere Chemiker, z. B. Lavoisier, bei der Alkoholgärung gefunden haben, konnte Pasteur bei derselben nicht nachweisen. Wo dieselbe in gärenden Flüssigkeiten neben Alkohol gefunden wird, handelt es sich nach ihm immer um zwei verschiedene Gärungsvorgänge, welche durch zwei Species von Gärungspilzen, die gleichzeitig in der Flüssigkeit vegetiren, hervorgerufen werden[4].

Aus alledem ergiebt sich also, dass der Alkoholgärungsprocess auf keiner einfachen chemischen Spaltung des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure beruhen kann, wie man nach der catalytischen oder der chemischen Bewegungstheorie nothwendig annehmen müsste, sondern ein complicirter Stoffwechselvorgang ist, in welchem sich die gärungsfähige Materie (Zucker) zum Gärungserreger (Hefe)

---

[1]) Der Zerfall des Zuckers in Bernsteinsäure, Glycerin und Kohlensäure wird von Pasteur durch folgende Formel ausgedrückt:

$$49\,(C_{12}H_{11}O_{11}) + HO$$

$$\text{oder } 49\,(C_{12}H_{12}H_{12}) + 60\,HO = \underset{\text{Bernsteinsäure}}{12\,(C_8H_6O_8)} + \underset{\text{Glycerin}}{72\,(C_6H_8O_6)} + 60\,CO_2.$$

[2]) Compt. rend. 1858, Bd. 46, p. 179.

[3]) L. Pasteur: Production constante de glycérine dans la fermentation alcoolique. Compt. rend. 1858, Bd. 46, p. 857.

[4]) L. Pasteur: Nouvelles recherches sur la fermentation alcoolique. Compt. rend. 1858, Bd. 47, p. 224.

als Nahrungsmittel und die Gärungsproducte gewissermassen als Excrete der Zellen verhalten. — Da aber nun die Hefezellen ausser aus Kohlehydraten und Fett auch aus stickstoffhaltigen Bestandtheilen (Eiweiss) und aus Mineralsubstanzen, namentlich reichlichen Mengen Phosphorsäure und Kali bestehen, so mussten auch diese Nahrungsbestandtheile nothwendig in der Gärungsflüssigkeit enthalten sein, damit die Hefezellen darin sich vermehren können. Pasteur erklärte dies Verhältniss so, dass die Hefezellen den Kleber und andere in Pflanzensäften gelöste Proteinverbindungen der Gärungsflüssigkeiten zur Bildung ihres eiweissreichen Protoplasmas verwenden und die anorganischen Nahrungsbestandtheile (Phosphate) den in der Gärungsflüssigkeit stets enthaltenen Salzen entnehmen.

Mit dieser Erklärung schien die Ernährung der Hefe und ihre Arbeitsleistung bei der geistigen Gärung vollkommen klar gelegt zu sein. Allein es fehlte der Pasteur'schen Lehre von Anfang an nicht an beachtenswerthen Einwänden.

Gegen die oben gegebene Erklärung Pasteur's führte zunächst Liebig[1]) die Thatsache an, dass die Hefezelle auch in reiner Zuckerlösung Gärung einleitet. Thénard[2]) hatte nämlich schon früher gefunden, dass die Hefe in reinen, verdünnten Zuckerlösungen Gärung zu erregen im Stande ist und gleichzeitig unter fortgesetztem Verlust an stickstoffhaltigen Bestandtheilen an Gewicht abnimmt; ein Vorgang, welchen man neuerdings als Selbstvergärung der Hefe zu bezeichnen pflegt. Wenn also nach Pasteur zur alkoholischen Gärung die Vermehrung der Hefezellen nöthig ist, so waren hier, sagt Liebig, wie leicht einzusehen, bei dem Mangel jeglichen Nährmaterials die Bedingungen zur Bildung neuer stickstoff- und schwefelhaltiger Zellen so ungünstig wie nur irgend möglich. „Es ist also schwer zu verstehen, wie sich beim Ausschluss dieser Substanzen (N, S, Phosphorsäure, Kali) in der gärenden reinen Zuckerlösung die Anzahl der Hefezellen vermehren könne, was doch nach Pasteur für die Gärungserregung nothwendig ist".

---

[1]) a. a. O. — Vergl. auch K. B. Hofmann: Ueber den Gärungsprocess vom medicinisch-chemischen Standpunkt. Aerztl. Verein zu Wien, 7. Mai 1873 (Allg. medic. Centralztg., 1873, S. 605).

[2]) Thénard: Sur la fermentation vineuse. Annales de Chimie, Bd. 40, p. 294.



Pasteur giebt die Thatsache zu, doch behauptet er, dass auch in diesem Falle die Hefezellen sich weiter entwickeln. Diese Weiterentwickelung kommt hier dadurch zu Stande, dass die noch gelösten Bestandtheile der jungen Zellen zu ungelösten umgewandelt werden. Die Hefezellen sättigen sich nämlich bei der Vegetation in stickstoffreichen Gärungsflüssigkeiten mit löslichen Proteinverbindungen, wodurch dieselben die Fähigkeit erlangen, bei der Uebertragung in reine Zückerlösung ihr Leben eine Zeit lang auf Kosten des vorräthigen Stickstoffes fortzusetzen. Pasteur hat diesen Vorgang genauer untersucht und dabei in Uebereinstimmung mit Mitscherlich, Mulder und Schlossberger gefunden, dass die Hefe hierbei den grössten Theil ihres ursprünglichen Stickstoffs in der Form eines theils in Wasser, theils in Alkohol und Aether löslichen N-haltigen Excretes entleert, welches nicht mehr geeignet ist, die Hefe zu ernähren. So fand Pasteur beispielsweise das Gewicht von 1,198 Grm. trockener Hefe mit 9,77 pCt. Stickstoff nach der Vergärung in reiner Zuckerlösung auf 1,145 Grm. trockener Hefe mit nur 5,5 pCt. Stickstoff herabgemindert. Die Lebensthätigkeit der Hefezellen erfolgt hier also unter Consum der eigenen protoplasmatischen Bestandtheile und hört dann nach völligem Verbrauch derselben naturgemäss auf. Eine solche Hefe ist dann auch, wie schon Thénard gefunden hatte, zur weiteren Gärung in frischen, selbst kleberreichen Gärungsflüssigkeiten ungeeignet.

In ähnlicher Weise erklärt Pasteur auch den zweiten Einwand Liebig's, dass die Gärung in zuckerreichen Flüssigkeiten fast unbegrenzt fortgeht, auch wenn die assimilirbaren Nährstoffe für die Hefezellen in dieser Flüssigkeit längst verbraucht sind. Pasteur nimmt für diesen Vorgang an, dass die alten Hefezellen nach einiger Zeit in der Gährungsflüssigkeit zu Grunde gehen und ihre anorganischen und stickstoffhaltigen Bestandtheile, nachdem sie wieder löslich geworden sind, an die Flüssigkeit abgeben. Diese Stoffe werden dann von den jungen Hefezellen als Nahrung aufgenommen und zur Bildung neuer Zellen verwendet, bis diese ihrerseits wieder alt geworden sind und dieselbe Metamorphose ihres Zellenleibes durchmachen.

Durch einen ganz analogen Vorgang erklärte Pasteur noch eine andere merkwürdige Erscheinung der Hefe. Wenn man nämlich reine, ausgewaschene Bierhefe allein mit destillirtem oder

gewöhnlichem Wasser zum Brei anrührt, in welchem also keine Spur von gärungsfähigem Zucker enthalten ist, und längere Zeit an einem kühlen Orte stehen lässt, so entwickeln sich gleichfalls, wie Pasteur gefunden hat, nach einiger Zeit nicht unerhebliche Mengen von Kohlensäure und Alkohol, daneben auch etwas Glycerin und Bernsteinsäure. Ebenso fand Pasteur, dass bei Zusatz von sehr viel Hefe zu einer schwachen Zuckerlösung der Zucker schnell in Alkohol und Kohlensäure zerlegt wird; aber die Gärung geht nach Verbrauch des Zuckers weiter und liefert dabei an Kohlensäure mehr als das Dreifache derjenigen CO_2-Menge, welche die verwendete Zuckermenge liefern kann (Selbstvergärung).

Dies erklärte nun Pasteur so: wenn nicht Zucker in der Flüssigkeit in ausreichender Menge vorhanden ist, um die gebildeten Knospen der Hefezellen zur vollen Grösse zu entwickeln, so wird die Cellulose der alten Hefezellen, welche bei der Vegetation zu Grunde gehen, theilweise in Zucker umgewandelt; dieser Zucker wird alsdann von den jungen Zellen zur Bildung von Alkohol und Kohlensäure verwandt.

Diese Erklärung hat wiederum an Liebig ihren Gegner gefunden. „Wenn diese Erklärung richtig wäre — meint Liebig — so müsste, da ja immer ein Theil der alten Cellulose in Alkohol und Kohlensäure zerfällt, die Menge der Hefezellen beständig abnehmen“. Ja, nach zwei von ihm angestellten Versuchen hätten, wenn der Alkohol der Cellulose entstammen sollte, nach der Gärung alle Zellen verschwunden sein müssen; der Augenschein zeigte aber, dass die Zellen bei der Hefegärung nicht vermindert werden. Allerdings erleidet die Hefe selbst bei dieser Gärung gewisse Veränderungen, indem die Zellen nicht mehr sprossen, eine derbere Zellenmembran besitzen und einen geringen, körnigen Plasmainhalt haben; die Hefezellen sind also abgestorben, und der Vorgang der Selbstvergärung besteht in einer Zersetzung des Zelleninhalts. Der Stickstoff- und Schwefelgehalt der Hefenzellen hat hierbei sich vermindert und ein Theil ihrer eiweissartigen Substanz wird in der überstehenden klaren Flüssigkeit gefunden.

„Es ist klar, dass, wenn nicht die Cellulose der Hefenzelle es ist, welche das Material zur Bildung von Alkohol und Kohlensäure liefert, dieses von einem dem Zucker identischen oder ähnlich susammengesetzten Stoffe stammen muss, der einen Beztandtheil des Zelleninhaltes ausmacht; und da dieser

Stoff durch Auswaschen der Hefe nicht entziehbar ist, so muss er nothwendig in Form einer festen Verbindung mit einem anderen Körper in der Zelle enthalten sein, welcher reich an Stickstoff und schwefelhaltig ist".

Gegen diese Deutung Liebig's, nach welcher also die Zersetzung oder die Fäulniss abgestorbener Hefezellen die Ursache der Selbstvergärung ist, führte Pasteur neuerdings die Thatsache an, dass bei der Gärung in reinen Zuckerlösungen keine Abnahme, sondern eine Gewichtszunahme der Hefe stattfinde.

Dies Verhalten erklärt nun Liebig folgendermassen. Bei der Gärung in reiner Zuckerlösung tritt, wie bei Selbstvergärung in Wasser, in Folge des Umsatzes in der Hefezelle der lösliche Theil der stickstoffhaltigen Bestandtheile der Zellen an die Flüssigkeit, welche noch reich ist an Zucker. Die restirende lebende Hefe verhält sich jetzt zu dieser Flüssigkeit wie frische Hefe, die man zur Bierwürze zugesetzt hat; sie sprosst und es bilden sich neue Zellen, welche jene aufgelöste, stickstoff- und schwefelhaltige Materie zur Wiedererzeugung des ursprünglichen Zelleninhaltes verwenden. — Indem diese neuen Zellen auf den Zucker in der Flüssigkeit wieder gärungserregend wirken, tritt abermals eine Theilung des stickstoffhaltigen Zelleninhaltes ein; ein Theil desselben bleibt in unlöslichem Zustande zurück, ein anderer löslicher Theil tritt in die Flüssigkeit aus und dient wiederum als Nährstoff zur Erzeugung neuer Hefezellen. — Dieser Wechsel der N-haltigen Materie kann lange Zeit ungestört fortgehen. Da indessen immer ein Theil des Protoplasmas in der unwirksam gewordenen Zelle in unlöslichem Zustande zurückbleibt, so erklärt sich auch nach Liebig, warum die Wirkung der Hefe in solchen Fällen zuletzt eine Grenze hat. Mit der Erzeugung neuer Zellen bei der Gärung geht natürlich auch die Bildung neuer Zellenwände parallel; da diese aus Cellulose bestehen, so kann ihre Bildung wohl nur auf Kosten des Zuckers in der Flüssigkeit geschehen. Wenn demnach das Gewicht der Hefe in reiner Zuckerlösung vermehrt gefunden wird (Pasteur), so kann nach Liebig diese Vermehrung nur durch die neu hinzugetretene Cellulose bedingt sein [1]).

Als Quelle des Alkohols ist Liebig geneigt, eine zucker-

---

[1]) K. B. Hofmann, a. a. O. — Allgem. med. Centralztg., 1873, S. 618.



ähnliche feste Verbindung, z. B. Glucoside, anzunehmen, welche durch Einwirkung von Säuren oder Alkalien in gärungsfähigen Zucker und einen anderen Körper sich spalten [1]).

Jedenfalls ist also diese interessante Erscheinung noch keineswegs hinreichend aufgeklärt. Gleichviel, ob bei dieser „Selbstvergärung" der neugebildete Alkohol aus der Cellulose oder einem anderen, zuckerähnlichen Körper des Protoplasmas stammt, darüber kann wohl kein Zweifel sein, dass es Bestandtheile der Hefe sind, welche, sei es durch den Stoffwechsel der noch lebenden Zellen, sei es durch den Zerfall der abgestorbenen Hefezellen zu Alkohol und Kohlensäure zerlegt werden. —

Von dem grössten Interesse sind die Untersuchungen, welche Pasteur [2]) über die stickstoffhaltigen Nahrungsbestandtheile der Hefe, insbesondere über die Rolle des Klebers in gärungsfähigen Flüssigkeiten anstellte. Bekanntlich hatten die meisten früheren Chemiker, insbesondere Berthelot, Döbereiner und Liebig, dem Kleber und anderen Proteinverbindungen einen wesentlichen Antheil an dem Zustandekommen der Alkoholgärung zugeschrieben und sich dabei hauptsächlich auf den Nachweis von Ammoniak (Döbereiner) in gärenden Flüssigkeiten gestützt, welches ihrer Meinung nach durch die Zersetzung des Klebers gebildet werde. Pasteur zeigte nun, dass bei der Alkoholgärung nicht nur kein Ammoniak gebildet werde, sondern sogar Ammoniaksalze, welche man künstlich der Gärungsflüssigkeit zusetzt, von den Hefezellen vollständig assimilirt werden und nach einiger Zeit verschwinden.

Pasteur [3]) ging (1860) noch einen Schritt weiter und wies nach, dass man die eiweissartigen Bestandtheile einer Gärungsflüssigkeit, aus welchen die Hefezellen das stickstoffhaltige Protoplasma ihrer Zellen aufbauen, in normaler Weise ersetzen kann durch kleine Mengen eines löslichen Ammoniaksalzes, z. B. weinsaures Ammoniak, kohlensaures Ammoniak, phosphorsaures Ammoniak u. a. In einer Zuckerlösung, welche neben den erforderlichen mineralischen Stoffen nur weinsaures Ammoniak als einzige

---

[1]) Münchener Akademie der Wissenschaften. Sitzung vom 9. Mai 1861 und 5. Nov. 1869. — Annalen der Chemie u. Pharmacie, 1870, Januar- u. Februarheft. — J. v. Liebig: Ueber Gärung, Quelle der Muskelkraft und Ernährung. Leipzig u. Heidelberg, 1870.

[2]) Pasteur: Nouveaux faits concernant l'histoire de la fermentation alcoolique. Compt. rend. 1858.

[3]) Annales de Chimie et de Physique, 1860, Bd. 58, S. 390.



Stickstoffquelle gelöst enthält, entwickeln und vermehren sich die Hefezellen in ausgiebiger Weise bis zum völligen Verschwinden des Ammoniaks; gleichzeitig erfolgt die Spaltung des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure, wie bei der Alkoholgärung.

Pasteur benutzte zu seinen Versuchen Lösungen von folgender Zusammensetzung: in 100 Grm. destillirten Wassers (ausser Zucker)

1,0 Grm. Hefenasche und
0,1—0,5 Grm. weinsaures Ammoniak.

(Die Hefeasche enthält natürlich alle für die Ernährung der Hefe erforderlichen mineralischen Bestandtheile.) Zu diesen Lösungen setzte er eine minimale, kaum wägbare Menge gut ausgewaschener Bierhefe. Die Gärung ging in ganz regelmässiger Weise von Statten; die Hefe vermehrte sich und zeigte nach beendigter Gärung ein Gewicht von 0,043 Gramm. Das Ammoniak hatte in diesem Versuch um 6,2 Mgr. abgenommen (in anderen Versuchen sogar um 17 Mgr.) und war also ohne Zweifel zur Bildung von Hefesubstanz verwendet worden.

Später zeigte Pasteur, dass diese Lösungen — seither nach ihm kurzweg „Pasteur'sche Lösungen" genannt — auch für Vibrionen, Bacterien und Mucedineen, die Fermente der Milchsäure- und Buttersäuregärung, vollkommen geeignete Nährflüssigkeiten sind. Die auf diese Weise gezüchteten Organismen enthalten die ihnen eigenthümlichen Proteinsubstanzen, Fette, Oele und Pigmente in normaler Weise. — Es gelang ihm in solchen Züchtungsflüssigkeiten, bei Zusatz von 3—5 pCt. Kreide, auch die Erscheinungen der Milchsäure- und Buttersäuregärung mit den für dieselben eigenthümlichen Organismen, in typischer Weise zu Stande zu bringen. Zugleich macht Pasteur besonders darauf aufmerksam, dass keiner der oben genannten Stoffe in den Lösungen fehlen darf; immer sind ein Kohlenhydrat (Zuckerart), ferner Stickstoff in Form eines Ammoniaksalzes und die nöthigen Aschenbestandtheile (Phosphorsäure, Schwefelsäure, Kali, Kalk und Magnesia) zur Ernährung der Hefe erforderlich.

Künstliche Züchtungsflüssigkeiten für niederste Organismen, insbesondere Schizomyceten, sind übrigens schon von Dujardin (1841) angewendet worden. Derselbe benutzte theils Auflösungen von Zucker, oxalsaurem Ammoniak, phosphorsaurem Ammoniak und Meersalz in Regenwasser, theils eine Lösung von Lakritzenzucker

(15) und oxalsaurem Ammoniak (10) in 100 Regenwasser, oder auch Auflösungen von Gummi arab. mit salpeters. Ammoniak. In allen diesen Culturflüssigkeiten gediehen die Vibrionen vortrefflich [1]).

Diese Beobachtungen, welche zugleich wichtige Anhaltspunkte für die Bildung von Eiweisskörpern aus anorganischen Nährstoffen zu enthalten scheinen, haben später durch Sanderson und Ferd. Cohn noch eine wesentliche Erweiterung erfahren. F. Cohn [2]) insbesondere zeigte, dass sowohl die Hefezellen, als auch sämmtliche Schizomyceten (Micrococcen, Bacterien) sich in jeder Lösung üppig vermehren, welche ausser Ammoniak oder Salpetersäure noch einen stickstofffreien, kohlenstoffhaltigen Körper enthält. Er construirte so eine ganze Anzahl einfachster mineralischer Lösungen, in welchen es ihm gelang, die Schizomyceten in ihren verschiedensten Formen botanisch zu züchten. Heute sind diese Lösungen, wie wir bereits früher andeuteten, als Züchtungsflüssigkeiten für experimentelle Zwecke vielfach im Gebrauch.

Ich gebe daher in Folgendem kurz einige Formeln für Lösungen, welche sich als Züchtungsflüssigkeit für Schizomyceten (Micrococcen, Bacterien) bisher am meisten bewährt haben.

Billroth bediente sich für seine Untersuchungen eines Recepts von Ferd. Cohn, welches folgende Zusammensetzung hatte: Ammon. tartar. 1,0, Ammon. acet. 1,0, Kali phosph. 0,04, Magnesia sulph. 0,03, Calc. chlor. 0,03, Aq. dest. 100,0. — Ferner hat Bucholtz, dem wir wichtige Untersuchungen über die Stoffwechselverhältnisse der Bacterien und über antibacterische Mittel verdanken, folgende Lösung benutzt: 10,0 käuflichen Candiszucker (welcher Kalk, Magnesia, Schwefelsäure schon enthält), 1,0 weinsaures Ammoniak, 0,5 phosphorsaures Kali und 100,0 destillirtes Wasser. In einer anderen Versuchsreihe gebrauchte er einfache Aufgüsse von Tabak, welche alle die Nährstoffe schon enthalten. — Klebs benutzt in neuerer Zeit behufs Züchtung pathogener Schizomyceten, welche er Leichentheilen entnimmt, eine Hausenblasenabkochung, welche ebenfalls alle Nährstoffe in sich vereinigt. — Ich selbst endlich habe für meine Züchtungsversuche in der

[1]) Histoire naturelle des zoophytes. Paris, 1841, p. 214 u. 217. — Harz, a. a. O. S. 19.

[2]) Schlesische Gesellsch. f. vaterländ. Cultur. Naturwissenschaftl. Section. 14. Febr. 1872.



Regel benutzt: Ammon. tartar. 10,0, Kali phosph. 4,0, Magn. sulph. 1,0, Calc. chlor. 1,0, Natr. nitr. 1,0 in 1 Liter Wasser.

So verschieden alle diese Formeln sind, so geben sie einander in Bezug auf Culturfähigkeit der Bacterien nach meinen Erfahrungen nichts nach. Es ist daher für gewöhnlich gleichgültig, welcher der genannten Lösungen man sich bedienen will. — Ganz besonders möchte ich noch darauf hinweisen, dass sämmtliche Lösungen wenigstens $^1/_4$ Stunde gekocht sein müssen. Nach übereinstimmenden Erfahrungen verschiedener Forscher enthält jedes nicht ganz frische destillirte Wasser, welches einige Zeit mit der Luft in Berührung war, entwickelungsfähige Keime. Viele ungekochte Nährsalzlösungen trüben sich daher in der Regel schon in wenigen Tagen. Ganz besonders nothwendig ist das vorherige längere Kochen, wenn man die Lösungen zu diagnostischen Zwecken benutzen will, d. h. wenn es sich darum handelt, nachzuweisen, ob in einer (faulenden oder pathologischen) Substanz kleinste Organismen vorhanden waren oder nicht. Dieses diagnostische Hülfsmittel ist ausserordentlich wichtig und in neuerer Zeit sehr beliebt geworden, da es selbst in denjenigen Fällen noch Micrococcen anzuzeigen im Stande ist, wo Microscop und microchemische Reactionen im Stich lassen. —

Die Angaben Pasteur's, haben nicht verfehlt, in der wissenschaftlichen Welt berechtigtes Aufsehen zu erregen; sie sind seitdem von zahlreichen Forschern wiederholt und ausnahmslos bestätigt worden. Sie werfen ein beachtenswerthes Licht nicht bloss auf den Stoffwechsel der Hefezellen, sondern namentlich auch auf die physiologisch wichtige Frage der Bildung von Eiweisskörpern aus mineralischen, anorganischen Nährstoffen durch lebende Pflanzenzellen. Sie zeigen ferner, dass die Hefezellen — wahrscheinlich in Uebereinstimmung mit allen anderen Pflanzen unserer Erde — die stickstoffhaltigen Proteinverbindungen ihrer Zellen nicht aus bereits vorgebildeter organischer Substanz (Eiweiss) entnehmen, sondern aus einfachen, anorganischen Verbindungen, aus Ammoniak oder Salpetersäure synthetisch aufbauen.

Endlich für die Alkoholgärung im Besonderen ist durch diese Versuche der directe Beweis geliefert, dass es thatsächlich der Ernährungsprocess, das Wachsthum und die Vermehrung der Hefe-

zellen ist, welche die Spaltung des Zuckermoleküls in Alkohol und Kohlensäure bewirkt.

So überzeugend diese Versuche für den unbefangenen Forscher auch sind, so wenig konnte sich doch Liebig von der Beweiskraft derselben überzeugen. Liebig[1]) warf ein, dass die erhaltenen Resultate ungenau wären und auf einem Irrthum in der Mengenbestimmung des Ammoniaks beruhten. Die von Pasteur behauptete Abnahme des Ammoniaks sei aus seinen Versuchen nicht ersichtlich, da in drei ganz verschiedenen Proben stets die gleiche Menge, nämlich 0,017 Gr. Ammoniak fehlte, was nur in einem Bestimmungsfehler seinen Grund haben könne. Ausserdem enthielten die Pasteur'schen Lösungen keinen Schwefel, ohne welchen doch eine Bildung von schwefelhaltigen Zellen nicht wohl denkbar wäre. Ja, in seiner neuesten Arbeit (1870) theilt er sogar Versuche mit, welche er in Gemeinschaft mit Naegeli ausgeführt hat; dieselben haben, wie er angiebt, die Unfähigkeit der Hefe ergeben, ihren Bedarf an Stickstoff in Form von Ammoniaksalzen den Gärungsflüssigkeiten zu entnehmen. Er hält demnach an der alten Ansicht fest, dass Ammoniak aus gärenden Flüssigkeiten entweiche und nur die unzersetzten Proteinverbindungen der Hefe als Nahrung dienen.

Liebig's Bedenken wurden jedoch theils durch Pasteur selbst, theils durch die Versuche von Duclaux[2]) vollstängig entkräftet. Duclaux bestimmte genau das Gewicht und den Stickstoffgehalt der Hefe und den Gehalt der Lösung an Ammoniak sowohl vor dem Versuch, als nach beendeter Gärung. In einer Zuckerlösung mit einem Gehalt von 1 Grm. weinsaurem Ammoniak, (= 0,152 Gr. H_3N) züchtete er 2,501 Gr. Hefe mit 0,215 Gr. Stickstoffgehalt. Nach beendeter Gärung fanden sich 2,326 Gr. Hefe mit 0,148 Stickstoff; ausserdem waren in der Flüssigkeit 0,170 Gr. N-haltige organische Substanz gelöst, während das Ammoniaksalz auf 0,045 Gr. herabgemindert war. Der Verbrauch von Ammoniak durch die Hefezellen und seine Verwendung zur Bildung von organischer Substanz ist hieraus also zur Evidenz ersichtlich.

[1]) Vergl. Liebig's letzte Arbeit über diese Fragen: Ueber Gärung, Quelle der Muskelkraft und Ernährung. Leipzig u. Heidelberg, 1870.

[2]) Duclaux: Thèses présentées à la falculté de Paris. 1865. (Das Original war mir nicht zugänglich. Die Mittheilung ist aus Harz, a. a. O. S. 21, entnommen).

Pasteur beschränkte sich jedoch nicht allein darauf, die Rolle der in der Gärungsflüssigkeit gelösten Nährstoffe für die Vegetation der Hefezellen festzustellen, sondern er suchte auch die Beziehungen, welche die gasigen Bestandtheile der Luft, insbesondere der Sauerstoff, zur Athmung der Hefepflanze haben, genauer zu eruiren. Diese Ermittelung war um so nothwendiger, als Chemiker, wie Priestley, Gay-Lussac[1]) (1810) u. a. dem Sauerstoff einen hervorragenden Antheil an der Erregung der alkoholischen Gärung zugeschrieben hatten.

Pasteur suchte die Rolle des Sauerstoffs bei der Gärung dadurch festzustellen, dass er die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft, welche mit der Gärungsflüssigkeit in einen Ballon eingeschlossen war, vor und nach der Gärung untersuchte. Aus den zahlreichen Versuchen dieser Richtung seien nur einige, besonders prägnante hier hervorgehoben.

Ein mit einer zuckerhaltigen Gärungsflüssigkeit halb gefüllter Kolben, dessen lang ausgezogener und spitzwinkelig umgebogener Hals unter Quecksilber getaucht war, wurde vom 26. Mai bis zum 4. Juli 1860 der alkoholischen Gärung unterworfen. Er enthielt nach diesem Zeitraum, neben reichlich vermehrten Hefezellen, eine Luft von folgender Zusammensetzung:

Stickstoff	81,4	pCt.
Sauerstoff	4,3	„
Kohlensäure	14,3	„
	100,0	pCt.

Es war also in diesem Zeitraume von etwa 5 Wochen bei Weitem der grösste Theil des Sauerstoffs von der Gärungsflüssigkeit absorbirt und dafür eine beträchtliche Menge Kohlensäure abgegeben worden.

Um nun zu zeigen, dass dieser Sauerstoff wirklich nur durch die Hefezellen verbraucht und nicht blos durch die Flüssigkeit absorbirt worden war, wurde folgender Versuch angestellt.

Ein Kolben mit gut ausgekochter, zuckerhaltiger Flüssigkeit wurde mit ausgeglühter und wieder abgekühlter Luft gefüllt und dann vom 12. Februar bis zum 18. April 1860 stehen gelassen.

---

[1]) Gay-Lussac: Extrait d'un mémoire sur la fermentation. Annales de Chimie, Bd. 76, p. 245.

Nach Verlauf dieses Zeitraums war die Luft im Kolben zusammengesetzt aus:

Stickstoff	79,6	pCt.
Sauerstoff	19,5	„
Kohlensäure	0,9	„
	100,0	pCt.

In der Flüssigkeit hatte sich keine Hefe entwickelt; die Zusammensetzung derselben war fast unverändert. Trotz des nicht unbeträchtlichen Zeitraumes von 9 Wochen war also der Sauerstoffgehalt der athmosphärischen Luft fast unvermindert; nur eine geringe Menge O war absorbirt und dafür CO_2 ausgeathmet.

Den gleichen Nachweis führte Pasteur auch für eine Reihe anderer Gärungen z. B. für die Milchsäuregärung. Ein halb mit Milch, halb mit gewöhnlicher Luft gefüllter Kolben, in welchem vom 10. bis zum 17. April 1860 die Milch unter Entwickelung von Milchsäureferment (ferment lactique, Bacterien) zum Gerinnen gebracht worden war, enthielt nach diesem Zeitraume eine Luft von folgender Zusammensetzung:

Stickstoff	81,8	pCt.
Sauerstoff	0,8	„
Kohlensäure	17,2	„
Wasserstoff	0,2	„
	100,0	pCt.

Es war also fast sämmtlicher Sauerstoff innerhalb dieser 8 Tage von den Gärungsorganismen absorbirt worden.

Eine durch Erhitzen auf 110° von Keimen befreite Milch dagegen, welche mit ausgeglühter Luft in derselben Weise, wie vorher behandelt worden war, zeigte nach Verlauf von 40 Tagen eine Luft von:

Stickstoff	81,47	pCt.
Sauerstoff	18,37	„
Kohlensäure	0,16	„
	100,0	pCt.

In diesem Falle war also die O-Absorption und die CO_2-Abgabe eine minimale.

Durch alle diese Versuche war zur Evidenz nachgewiesen, dass die Hefen und verwandte Gärungsorganismen bei ihrer Vegetation mit grosser Begierde Sauerstoff aus der Luft

aufnehmen und dafür eine entsprechende Menge Kohlensäure ausathmen.

Die Hefe stimmt demnach hinsichtlich ihres Gaswechsels mit anderen chlorophylllosen pflanzlichen Organismen, insbesondere den Schimmelpilzen und den Schizomyceten, überein, indem sie, wie die Thierwelt, Sauerstoff einathmet und Kohlensäure aushaucht. Dies Ergebniss stimmt auch mit der Beobachtung des natürlichen Gärungsvorganges überein, insofern, wie Pasteur[1]) selbst angiebt, die Alkoholgärung bei freiem Luftzutritt und bei grosser Oberfläche der gärenden Flüssigkeiten viel rascher erfolgt, als bei Luftabschluss.

Die Sauerstoffabsorption durch die vegetirende Hefe ist später noch von Schützenberger genauer untersucht worden. Derselbe fand, dass die Grösse des O-Verbrauchs sehr verschieden und wesentlich abhängig ist von der Temperatur der gärenden Flüssigkeiten, sowie wahrscheinlich auch von der Beschaffenheit der verwendeten Hefe.

Nach seinen Versuchen absorbirt die Hefe am reichlichsten bei einer Temperatur von 35—50° C.; oberhalb und unterhalb dieser Temperaturen nimmt die Absorptionsfähigkeit derselben ab und wird bei + 18° und + 60° C. fast gleich Null. Es stimmen diese Temperaturgrenzen auffallend mit den Grenzen des Lebens der Hefezellen überein; bei einer Temperatur von 30—40° C. geht auch die Vegetation der Hefe am lebhaftesten von Statten, und bei + 10 bis + 60° C. hört das vegetative Leben derselben auf. Ebenso absorbirt nach Schützenberger's Versuchen sehr frische und lebenskräftige Hefe ungleich viel mehr Sauerstoff, als ältere Hefe.

Durch diese Versuche ist also nunmehr nachgewiesen, dass allerdings, wie die Chemiker früher annahmen, Sauerstoff zum Zustandekommen der alkoholischen Gärung nothwendig ist, dass derselbe aber nicht für die Spaltung des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure verwendet, sondern lediglich von der wachsenden Hefezelle verbraucht wird. Auch spätere Forscher, wie Brefeld und Traube, haben diese Erfahrung bestätigt. —

Somit war für die Alkoholgärung die organisirte Natur des Ferments über allen Zweifel hinaus erwiesen und die Thätigkeit desselben als eine physiologische Stoffwechselerscheinung der sich vermehrenden Hefezelle fast zur Gewissheit erhoben worden.

---

[1]) Pasteur: Bulletin de la société chimique, 1861, p. 80.



Pasteur selbst, durch seine Untersuchungen zur vollen Ueberzeugung von der vitalistischen Theorie gedrängt, formulirte dieselbe bereits im Jahre 1860 in präciser Fassung mit folgenden Worten: „L'acte chimique de la fermentation est essentiellement un phénomène correlatif d'un acte vital, commençant et s'arrêtant avec ce dernier; il n'y a jamais fermentation alcoolique proprement dite, sans qu'il y ait simultanément organisation, développement, multiplication de globules ou vie poursuivie, continuée de globules déjà formés." —

Die an der Alkoholgärung gemachten Erfahrungen führten nun Pasteur unwillkürlich auch auf das Studium anderer gärungsähnlicher Umsetzungsprocesse, insbesondere der Weinsteinsäuregärung, Buttersäuregärung und Essiggärung. Auch hier constatirte er microscopisch die Gegenwart niederster Organismen, deren Entwickelung mit dem Eintritt der Gärung beginnt, mit dem Verlauf der Gärung fortschreitet und mit Beendigung derselben aufhört. Er fand zugleich, dass bei jeder Art von Gärung eine specifische Art von Organismen auftrat, und erklärte, aus Gründen der Analogie mit der Alkoholgärung, den verschiedenen Chemismus dieser Gärungen aus dem verschiedenartigen Stoffwechsel der einzelnen Gärungsorganismen.

So fand er bei der Essiggärung das dicht verflochtene Mycelium eines Fadenpilzes, welcher in Gestalt eines feinen Häutchen (Mycoderma aceti, Kahmhaut, Essigmutter) die Oberfläche der gärenden Flüssigkeit überzieht. Die Wirkung dieses Pilzes beruht nach Pasteur darauf, dass er ebenso, wie Mucedineen und Schimmel, sehr begierig Sauerstoff aus der Luft an sich zieht und auf den gärungsfähigen Körper überträgt; es wird auf diese Weise der Alkohol zu Essigsäure oxydirt. Bei der Milchsäure- und der Buttersäuregärung fanden sich kleinste stäbchenförmige Organismen, welche er mit den Vibrionen und Bacterien für nahe verwandt hält.

Im Allgemeinen sind Pasteur's Beschreibungen dieser Organismen sehr wenig genau; auch die systematische Stellung, welche er ihnen im niedersten Thier- resp. Pflanzenreich giebt, entspricht nicht immer der wissenschaftlichen. Pasteur hat seine Unsicherheit auf diesem Gebiete auch wohl selber gefühlt, indem er die einzelnen Gärungsorganismen in der Regel nicht mit ihrem bota-

nischen oder zoologischen Namen, unter Angabe der Familie und Species nennt, sondern ganz allgemein von „ferment lactique“, „ferment boutyrique“ und „ferment de vinaigre“ spricht.

Nach neueren Untersuchungen gehören die kleinsten Organismen der Essiggärung verschiedenen Formen der Gruppe der Schizomyceten an, während die stäbchenförmigen Organismen der Milchsäure- und Buttersäuregärung grössere Bacteriaformen (Mono-, Diplo- und Streptobacteria) sind. Pasteur nennt die stäbchenfrömigen, häufig in oscillirender Bewegung begriffenen Organismen der letzteren Art ganz allgemein Vibrionen (vibrioniens) und hält sie im Sinne Ehrenberg's und Dujardin's für kleine Thiere (Animalculs oder Infusoires). Dieselben Vibrionen sind nach ihm, wie wir später sehen werden, auch das Ferment der thierischen Fäulniss.

Im Grossen und Ganzen war also nach diesen Untersuchungen das constante Vorkommen kleinster lebender Wesen und die im Allgemeinen gleichmässige Entwickelung derselben bei den Gärungen nachgewiesen und damit für die vitalistische Theorie der Gärungsprocesse überhaupt die erste thatsächliche Grundlage gegeben. Das Ergebniss der gewonnenen Erfahrungen gipfelte fortan in folgenden zwei wichtigen Sätzen:

1) keine Gärung ohne Organismen, und
2) jede Gärung durch eine bestimmte Art von Organismen (Pasteur).

Mit der genaueren Prüfung dieser Theorie und insbesondere der beiden Hauptsätze derselben werden wir uns, an der Hand der neuerdings ermittelten Thatsachen, im nachfolgenden Capitel beschäftigen.

Siebentes Capitel.

Die vitalistische Theorie der Gärungen.

Modification der ursprünglichen Pasteur'schen Lehre. Das Leben der Hefe ohne freien Sauerstoff. Die Alkoholgärung als Folge des Lebens ohne Luft. Einwände der Botaniker; Pasteur's Gegenversuch. Eintheilung der Fermentorganismen in Aërobies und Anaërobies. — Die Alkoholgärung in reifen Früchten (Bérard). Pasteur's Erweiterung der vitalistischen Theorie. Schwächen derselben. Neuere Untersuchungen über Alkoholgärung (O. Brefeld, A. Mayer). Nur die nicht wachsende Hefezelle erzeugt Gärung. — — Andere Theorieen der Hefewirkung: 6) Die Hefezellen als Erzeuger eines chemischen Ferments (v. Liebig, Hoppe-Seyler). Analogie mit anderen Fermenten; Unterschiede von denselben. Trennungsversuche (Filtration und Diffusion); Einwirkung der Siedehitze. Das Glycose-Ferment. — 7) Karsten's Theorie; Necrobiose der äusseren Zellenmembran. Begründung derselben durch Harz. — 8) Die galvanische Gärungstheorie (Fleck). — — Alkoholgärung erzeugt durch verschiedene Organismen: Mucor mucedo, M. racemosus und Schizomyceten (Fitz). Buttersäure-, Milchsäure- und Essiggärung durch verschiedene Organismen. — Gärungen ohne Organismen. Pasteur's Erklärung und neuester Standpunkt. — Kritik der vitalistischen Theorie; Uebersicht der gewonnenen Ergebnisse.

Mit Pasteur's Untersuchungen über die Alkoholgärung beginnt für die Lehre von der Gärung und Fäulniss eine ganz neue Aera, welche ihre Wirkungen weit über die ursprünglich gezogenen Grenzen hinaus äusserte und selbst mehr oder weniger ferner gelegene Gebiete, wie die Lehre von den krankheitserregenden Contagien und Miasmen, beeinflusste. Von dem Jahre 1860 an, in welchem Pasteur zum ersten Male eine zusammenhängende, auf wissenschaftliche Ergebnisse gestützte Erklärung des Gärungsvorganges gab, galt nicht blos die vitale Natur der Bierhefe, sondern auch die Abhängigkeit der geistigen Gärung von der Ernährung, dem Wachsthum und der Vermehrung der Hefezellen als eine vollkommen gesicherte Thatsache.

Damit war aber die Reihe der wissenschaftlichen Fragen noch keineswegs erschöpft. Es blieb für die Folge in erster Linie noch

festzustellen: wie wirkt die Hefe bei der Alkoholgärung, d. h. durch welche vitalen Vorgänge im Innern der Hefezelle wird die Zerlegung des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure bewirkt?

Die einfachste und am nächsten liegende Auffassung, welche auch Pasteur mit allen übrigen Anhängern der vitalistischen Lehre anfänglich getheilt hatte, war die, dass die Alkoholgärung ein Ernährungsprocess der Hefe ist, bei welchem der gärungsfähige Zucker zur lebenden Zelle als Nährstoff und die dabei auftretenden Gärungsproducte, der Alkohol, die Kohlensäure, die Bernsteinsäure und das Glycerin, als Stoffwechselproducte der Zellen sich verhalten.

Allein diese Theorie, welche ich „die vitalistische Lehre in ihrer reinsten Form“ nennen möchte, hat sich durch die weiteren Untersuchungen keineswegs bestätigt. Pasteur selbst namentlich wurde theils durch die Einwendungen seiner Gegner, theils durch fortschreitende eigene Beobachtungen sehr bald zu einer anderen Auffassung von der Lebensthätigkeit der Hefezellen gedrängt.

Es war insbesondere eine Beobachtung über die Beziehungen der Hefe zum Sauerstoff der Luft, welche ihn nöthigte, die ursprüngliche Fassung zu ändern. Früher hatte Pasteur[1]) gefunden, dass die Bierhefe des Sauerstoffs der Luft in hohem Maasse bedürfe und dass dementsprechend die Alkoholgärung bei reichlichem Luftzutritt und bei grosser Oberfläche auch am schnellsten verlaufe. Neuere Beobachtungen lehrten ihn indess, dass die Hefe auch bei völligem Luftabschluss Knospen treiben und alkoholische Gärung in der Bierwürze zu erregen vermag.

Es zeigte sich dabei folgendes eigenthümliche Verhalten. Wenn die atmosphärische Luft zu der gärungsfähigen Flüssigkeit beschränkten oder völlig verhinderten Zutritt hat, z. B. in luftdicht abgeschlossenen Gefässen, so geht die alkoholische Gärung langsam von Statten; es bildet sich wenig Hefe, aber verhältnissmässig viel Alkohol (60—80 Theile auf 1 Theil Hefe). Hat dagegen die Luft reichlich Zutritt, wie bei der Gärung in flachen, offenen Gefässen, so geht die Gärung schnell von Statten; es entwickelt sich viel Hefe, aber verhältnissmässig wenig Zucker (etwa 4—10 Theile auf 1 Theil Hefe) wird zerlegt.

Diese Beobachtung stand also in offenem Widerspruch mit

---

[1]) L. Pasteur: Annales de Chim. et Phys., 1860, Bd. 58, p. 357.



seiner früheren Angabe, nach welcher zur Vegetation des Gärungspilzes stets Sauerstoff erforderlich ist und wonach die geistige Gärung im geraden Verhältniss zur numerischen Entwickelung der Hefe fortschreitet. Hier zeigte sich in Bezug auf die Arbeitsleistung der Hefezellen gerade ein umgekehrtes Verhältniss; denn die Spaltung des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure fiel relativ am bedeutendsten aus gerade in dem Falle, wo die „Organisation, développement et multiplication“ der Hefezellen eine geringe war, während bei normaler und ausgiebiger Vermehrung der Hefezellen die fermentative Spaltung des Zuckers um das 8—10fache geringer ausfiel. An eine einfache Identificirung des Gärungsvorganges mit dem Ernährungsprocesse der Hefepilze war hier also offenbar nicht mehr zu denken.

Um dieses anscheinend paradoxe Verhalten der Hefe bei der geistigen Gärung aufzuklären, nahm Pasteur seine Zuflucht zu einer Hypothese. Er vindicirte den Hefezellen die Fähigkeit, ohne freien Sauerstoff leben und alle ihre vitalen Functionen bei Luftabschluss durchmachen zu können. Die Hefezellen, sagt er, besitzen die Fähigkeit, den zu ihrer Ernährung nothwendigen Sauerstoff da, wo sie ihn nicht frei vorfinden, aus festen sauerstoffhaltigen Verbindungen, z. B. dem Zucker, zu ziehen. Dieser Eingriff bewirkt eine Störung des Gleichgewichts der Atome in der Zuckerverbindung, in Folge deren das Zuckermolekül zerfällt (Gärung).

Er stützte diese Deutung noch durch folgenden Versuch:

Wenn man die Sporen des Gärungspilzes (Mycoderma cerevisiae) mit vorsichtiger Vermeidung jeder Verunreinigung auf eine Zuckerlösung aussäet, so breiten sich dieselben unter beständiger Proliferation an der Oberfläche rasenförmig aus; sie absorbiren reichlich O und hauchen CO_2 aus, bilden jedoch keinen Alkohol. Schüttelt man jetzt das Gefäss, so dass die Fragmente des Rasens mit der Lösung sich mischen und untergetaucht, also vom Sauerstoff der Luft abgesperrt werden, so beginnt bei 20—30° C. nach kurzer Zeit die Alkoholgärung. Also im ersteren Falle zeigt sich reichliche Vegetation ohne Gärung, im zweiten Falle O-Mangel, beschränkte Vegetation und Gärung.

Auch morphologisch lässt sich nach Pasteur dieser Unterschied des Lebens an der Hefezelle wahrnehmen. Beim Mangel freien Sauerstoffs, also im eigentlichen Gärungsacte, dehnen sich

die Hefezellen; sie werden länger, ungewöhnlich gross, trübe und deutlich granulös. Die Vermehrung stockt entweder oder geht nur äusserst langsam von Statten. Das Leben der Hefe ist ein „kümmerliches“ (pénible). Viele dieser Zellen gehen dabei zu Grunde. (Mit dieser Beobachtung und Erklärung des Gärungsvorganges nähert sich Pasteur einigermassen der Theorie Liebig's, nach welcher bekanntlich nicht die wachsende und lebende, sondern die absterbende Hefezelle und das zerfallende Protoplasma derselben die Ursache der Alkoholgärung ist).

In diesem Zustande würde die Hefeentwickelung und damit die Gärung bald ihr Ende finden. Dass sie dennoch im Weinmost und in der Bierwürze für gewöhnlich unbegrenzt fortschreitet, verdankt sie nunmehr dem Zutritt des atmosphärischen Sauerstoffs. Dieser Sauerstoff verleiht den alternden Zellen wieder neue Lebensfrische und neue Vermehrungsfähigkeit; sie verändern ihr krankes Aussehen, nehmen normale Dimensionen an und erlangen wieder die Fähigkeit, ihr Leben, ihre Ernährung und Vermehrung bei Abschluss der Luft für eine gewisse Zeit fortzusetzen. So beruht also die Wirkung des Luftsauerstoffs bei der Alkoholgärung auf einer fortwährenden Verjüngung der Hefezellen, welche ihnen die Fähigkeit verleiht, ihre Fermentthätigkeit unbegrenzt fortzuführen.

Schon die Absorption einer kleinen Quantität des Sauerstoffes durch die Zellen reicht hin, diese Wirkung auszuüben. Wenn man aus einem Weinbottig mit gärendem Most eine Portion aus der unteren Schicht abzapft und oben wieder hinzugiesst, so genügt dieser kurze Moment der Berührung mit der Luft schon, um die Gärung im Bottig mit erneuter Energie weiterzuführen. — Ist diese Sauerstoffzufuhr sehr reichlich, wie z. B. bei der Gärung in offenen flachen Gefässen, so überwiegt die Vegetation über die Fermentation und es erfolgt neben mässiger Spaltung des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure eine reichliche Vermehrung der Hefezellen, welche unter günstigen Bedingungen, namentlich bei wärmerer Temperatur, sogar mit Oxydationsprocessen, z. B. Bildung von Milch- und Essigsäure verbunden sein kann.

Ganz ähnliche Erfahrungen machte Pasteur bald darauf auch an dem Ferment der Buttersäuregärung (Ferment boutyrique) und dem analogen Ferment der Fäulniss (Vibrionen) an welchen er sogar die Fähigkeit, ohne freien Sauerstoff zu leben und in die-

sem Zustande fermentirend zu wirken, durch Versuche nachwies. Von diesen Versuchen wird später noch ausführlich die Rede sein.

Kurzum, Pasteur wurde durch alle diese Beobachtungen dahin geführt, die ursprünglich nur für die Alkoholgärungshefe aufgestellte Hypothese auf alle ähnlichen Fermentorganismen und Gärungsvorgänge zu übertragen und schliesslich zu folgender Gärungstheorie zu verallgemeinern

„Quand il y a vie sans air, il y a fermentation, et quand il y a fermentation, il y a vie sans air.“

„Die Gärung ist die Folge des Lebens ohne Luft, des Lebens ohne freien Sauerstoff. Allgemeiner kann man sagen, jedes Wesen, jedes Organ, jede Zelle, welche die Fähigkeit hat, eine chemische Arbeit zu leisten, ohne dabei freien Sauerstoff zu gebrauchen, ruft sofort die Erscheinung der Gärung hervor. Mit anderen Worten, die Gärung ist nichts Anderes, als die Folge einer Art des Lebens, der Ernährung oder Assimilation, welche sich von der Art des Lebens und der Ernährung aller gewöhnlichen Wesen durch den Umstand unterscheidet, dass die durch das freie Sauerstoffgas bewirkten Verbrennungen, deren Folgen die Lebensäusserungen sind, ersetzt werden durch die Zersetzungswärme solcher Substanzen, welche Sauerstoff in gebundenem Zustande enthalten. Diese Substanzen werden mit dem Namen der gärungsfähigen bezeichnet.“ —

Diese Hypothese, welche auf den ersten Blick als ungewöhnlich und jeglicher Analogie in der lebenden organischen Natur entbehrend imponiren musste, fand auch sehr bald den zu erwartenden Widerspruch. M. Traube und später O. Brefeld[1]) hatten Alkoholgärungsversuche im Sinne der Pasteur'schen Hypothese angestellt, indem sie von Gasen befreite Zuckerlösungen und an-

[1]) O. Brefeld: Untersuchungen über die Alkoholgärung. Verhandl. der Würzburger medic.-physikal. Gesellschaft Bd. V, S. 163—179 (26. Juli 1873). — Auch J. Sachs konnte sich mit der Pasteur'schen Ansicht durchaus nicht befreunden. Er sagt in seinem „Lehrbuch der Botanik“, 4. Aufl., S. 254: „Die von Pasteur ausgesprochene und seitdem vielverbreitete, von mir nie getheilte Ansicht, dass die Hefe in Flüssigkeiten leben könne, die keinen freien diffundirten Sauerstoff enthalten, dass sie vielmehr den zu ihrer Athmung nöthigen Sauerstoff durch Zersetzung chemischer Verbindungen gewinne und eben dadurch die Zerlegung des Zuckers in Kohlensäure, Alkohol und andere Producte bewirke, ist durch neuere, im botanischen Institut zu Würzburg von Brefeld ausgeführten Untersuchungen als durchaus grundlos erwiesen worden. Die Hefezellen bedürfen, wie alle anderen Pflanzenzellen, freien oder in der Flüssigkeit diffundirten Sauerstoffs, um zu wachsen.“



dere Gärungsflüssigkeiten unter völligem Luftabschluss mit Hefe zur Gärung ansetzten.

Allein Beide konnten unter diesen Bedingungen eine Vermehrung der Hefezellen nicht constatiren. Sie fanden übereinstimmend, dass Wachsthum und Vermehrungder Hefe nur bei Zutritt der Luft erfolgt, aus welcher sie begierig allen Sauerstoff an sich zieht. Nach Brefeld's Versuchen giebt es überhaupt keine Organismen, welche von chemisch gebundenem Sauerstoff leben, sich ernähren und wachsen können. Es ist daher nach ihm unrichtig, dass der Hefepilz statt des freien Sauerstoffs denselben aus sauerstoffreichen Verbindungen, z. B. dem Zucker, entnehmen kann und dass hierauf der Process der Alkoholgärung beruhe.

Diesem sehr beachtenswerthen Einwande gegenüber half sich Pasteur durch eine Ausrede. Er sagte [1]), M. Traube habe wahrscheinlich keine reine Hefe bei seinen Versuchen vor sich gehabt, sondern eine mit fremden Keimen verunreinigte, welche Keime nach seinen Erfahrungen die Gärung stören oder hemmen. Ebenso, meint er, habe Brefeld alte Hefe zu seinen Experimenten benutzt, während doch nur junge, frische Hefezellen für diesen Zweck tauglich wären.

Wichtiger, als dieser Erklärungsversuch scheint mir ein Experiment zu sein, welches Pasteur seinen Gegnern entgegen hielt [2]).

Pasteur benutzte, um die Vermehrungsfähigkeit der Hefe bei Luftabschluss direct zu zeigen, einen Glasballon von mehreren Litern Inhalt mit 2 Ansatzröhren, von denen die eine spitz ausgezogen und doppelt gebogen war, die andere gerade verlief und einen mit gärender Bierwürze (3—4 Ccm.) gefüllten Trichter trug; durch einen luftdicht schliessenden Hahn war diese zweite Röhre von dem Inhalt des Kolbens getrennt. Der Ballon wurde mit zuckerhaltigem Hefewasser vollgefüllt und längere Zeit bis zum Sieden erhitzt, um alle Luft aus der Flüssigkeit durch das zweite Rohr aus zu treiben. Die Mündung dieses Rohrs wurde nach dem Erkalten in Quecksilber untergetaucht und diente dazu, die sich entwickelnden Gase entweichen zu lassen und aufzufangen. Durch Oeffnen des Hahns liess Pasteur alsdann mehrere Tropfen

[1]) Compt. rend., 1875, Bd. 80, p. 452.

[2]) Pasteur, ibidem, 1875.



der in voller Gärung begriffenen Würze in den Ballon einlaufen und den ganzen Apparat in einem Wärmekasten bei 25—30 ° C. mehrere Tagen stehen. Die Hefe entwickelte sich in der Zuckerlösung weiter und die Gärung wurde in normaler Weise vollständig bis zu Ende durchgeführt.

Durch diesen Versuch scheint also in der That völlig überzeugend bewiesen, dass frische Hefe auch bei völligem Abschluss der athmosphärischen Luft zu leben, sich zu vermehren und Alkoholgärung zu erregen vermag[1]).

Pasteur beharrt demnach auf seiner schon früher ausgesprochenen Ansicht, dass es niedere Wesen giebt, welche ihre Lebenseigenschaften ohne freien Sauerstoff durchzumachen vermögen („Anaërobies") und dass diese Wesen als Fermente thätig sind. Diese Wesen können zwar auch bei Gegenwart von freiem Sauerstoff leben und sich vermehren; aber nur beim Mangel desselben sind sie wirksame Fermente. Organismen, welche nur von vorhandenem Sauerstoff leben können, nennt Pasteur „Aerobies"; dieselben sind nur Oxydationsprocesse zu vermitteln im Stande, wie z. B. Schimmel und Mucorineen. —

Pasteur's Angabe, dass nur junge, der gärenden Flüssigkeit unmittelbar entnommene Hefezellen zu diesem Versuch geeignet sind, scheint mir den Schlüssel zur Lösung des Widerspruchs zu enthalten.

Pasteur hatte nämlich früher (s. oben) gefunden, dass die wachsenden Hefezellen an der Luft sehr begierig Sauerstoff aufnehmen und mechanisch oder chemisch lose gebunden halten, was alle übrigen Forscher, auch Brefeld und Traube, bestätigt haben. Weiter zeigte Pasteur, dass Hefezellen, welche

---

[1]) Die Angaben Pasteur's sind in neuerer Zeit auch durch Brefeld und Traube bestätigt worden. (Die Publicationen sind mir jedoch im Original unbekannt geblieben.) Nach der Mittheilung von C. O. Harz hat Traube zugleich gefunden, „dass die Hefe den obigen günstigen Gärungsverlauf nur dann hervorruft, wenn ihr Eiweissstoffe als stickstoffhaltige Nahrung gegeben werden; dass aber keine Gärung eintritt, wenn jene durch Ammoniaksalze ersetzt werden, die sie bekanntlich bei Zutritt von freiem Sauerstoff leicht aufnimmt." (Grundzüge der alkohol. Gärungslehre, S. 32.) — Nach demselben Autor hat Monoyer es neuerdings wahrscheinlich zu machen gesucht, dass von der Hefe freier Sauerstoff ausgeschieden wird. Er stellte für die Alkoholgärung folgende Gleichung auf:

$$4\,(C_{12}H_{12}O_{12}) + 6\,HO = C_8H_6O_8 + 6\,(C_6H_8O_6) + 2\,(C_2O_4) + O_2.$$

Der ausgeschiedene Sauerstoff wird sofort wieder von der Hefe absorbirt und zur Vermehrung derselben verwendet (Harz, a. a. O.).

dem O-Einfluss längere Zeit entzogen waren und dadurch hinfällig wurden, bei Berührung mit der Luft wieder verjüngt und lebensfähig werden — eine Wirkung, welche nach ihm darauf beruht, dass in dem Momente der Berührung von den Zellen neuer Sauerstoff absorbirt wird.

Wenn nun Pasteur also in seinem Versuch zu der Zuckerlösung Hefe aus einer bei Luftzutritt gärenden Flüssigkeit hinzutreten lässt, so wird doch in der That nicht O-freie, sondern eine mit freiem Sauerstoff gesättigte Hefe zur Zuckerlösung hinzugesetzt. Die alsdann in der Lösung beobachtete Vermehrung dieser Hefezellen kann also nicht mehr aufgefasst werden als ein „Leben ohne freien O“, sondern doch wohl nur als ein Leben auf Kosten vorräthigen Sauerstoffs.

Mit dieser Erklärung steht auch die Thatsache im Einklang, dass die Hefe, wie ebenfalls Pasteur gezeigt hat, unter diesen Bedingungen immer nur eine begrenzte Zeit fortlebt, dass ihre Vermehrung „pénible“ und wenig ausgiebig ist, ja bei Fortdauer dieses Zustandes sehr bald stille steht. Hefe, welche dauernd dem O-Einflusse entzogen ist, stirbt nach Pasteur ab.

Warum — muss man fragen — wenn der Gärungspilz überhaupt den für seine Vegetation nothwendigen O dem Zucker zu entziehen vermag, warum vegetirt er in diesem Falle nicht weiter, so lange als noch Zucker in der Lösung vorhanden ist? Warum bedarf der Pilz, damit die Gärung und Vermehrung nicht aufhört, der beständigen oder periodischen Zuleitung von Luft? Warum endlich zeigt nur die durch den Sauerstoff jedesmal verjüngte, gärungsthätige Hefezelle eine ungestörte Vermehrung, die nicht minder entwickelungsfähige Trockenhefe dagegen nicht? — Vermuthlich doch nur deshalb, weil sie in der Gärungsflüssigkeit sich mit dem Luftsauerstoff gesättigt hat, welcher sie befähigt, ihr Leben auch ohne Luft eine Zeit lang fortzusetzen, während diese dagegen O nicht aufzunehmen vermag. Hierdurch wird es auch vollkommen verständlich, dass, wie in dem früher erwähnten Versuche Pasteur's, die ausgesäeten Mycodermasporen zuerst auf der Oberfläche an der Luft üppig gedeihen und alsdann, in der Flüssigkeit untergetaucht, bei scheinbarem Luftabschluss weiter vegetiren und Gärung erregen.

Mir scheint somit die Pasteur'sche Erklärung der Hefewirkung bei der Alkoholgärung nicht stichhaltig zu sein. Vielmehr

halte ich es, im Einklang mit den Versuchsresultaten Traube's und Brefeld's, immer noch für bewiesen, dass die Bierhefe nur bei Gegenwart von freiem (oder lose gebundenem) Sauerstoff zu wachsen vermag, dass sie dagegen nicht im Stande ist, denselben aus festen chemischen Verbinbindungen herauszuziehen, vielmehr bei andauerndem O-Mangel in der Gärungsflüssigkeit zu Grunde geht. —

Pasteur hat indessen seine Gärungstheorie nicht aufgegeben. Vielmehr ging er, durch die consequenten Einwendungen seiner Gegner genöthigt, bald noch einen Schritt weiter und gab der ursprünglichen Theorie eine Fassung, welche meines Erachtens kaum noch als eine Verbesserung angesehen werden kann.

Bérard hatte gefunden, dass reife Früchte, z. B. Birnen, Weintrauben, Pflaumen u. s. w., aus der umgebenden Luft O absorbiren und dafür CO_2 abgeben. Bringt man diese Früchte, anstatt in Sauerstoff, in eine indifferente Gasart, z. B. Stickstoff, so wird von den Früchten gleichwohl CO_2 ausgeschieden; gleichzeitig findet sich in ihrem Innern Alkohol.

Lechartier und Bellamy[1]) prüften diese merkwürdige Erscheinung genauer und fanden, dass hierbei der Zucker der Frucht in Alkohol und CO_2 zerlegt wird, gerade so wie bei der Alkoholgärung, ohne dass indessen ein Alkoholgärungsferment — ein Hefepilz — im Innern der Früchte nachweisbar ist. 5 Aepfel, in einem geschlossenen Kasten aufbewahrt, welcher mit einer Chlorcalciumlösung in Verbindung stand, lieferten in einigen Monaten 5,4 Gramm Alkohol. Eine Birne von 329 Gramm Gewicht, ebenso behandelt, bildete in 9 Monaten 3,897 Ccm. Gas (CO_2) und 11,4 Gramm Alkohol. In keiner ihrer Beobachtungen fanden sie in der Frucht Hefezellen.

Sie deuten dieses Gärungsphänomen als die Wirkung eines in den Zellen der Frucht enthaltenen chemischen Ferments. Diese Gärung kommt nach ihnen in ähnlicher Weise zu Stande, wie die Umsetzung der Stärke in Traubenzucker in Früchten und zahlreiche andere im lebenden Thier- und Pflanzenkörper vor sich gehende Fermentationen. Es ist dies also eine Gärung, welche ohne

---

[1]) Lechartier et Bellamy: De la fermentation des fruits. Compt. rend. 81, p. 1127.



„organisation, développement et multiplication des globules, des cellules“ erfolgt.

Pasteur deutet indessen diesen Vorgang anders. Er betrachtet die Alkoholgärung der reifen Früchte als einen „Acte vital“ der Zellen des Gewebes, welche hier die Rolle der Hefezellen übernehmen. Die reife Frucht ist nach ihrer Trennung von der lebenden Pflanze noch nicht todt, sondern sie lebt weiter und verrichtet ihre Stoffwechselfunctionen, wie am Baume. Aus der Luft nimmt sie in geringer Menge O auf und giebt dafür entsprechende Mengen CO_2 wieder ab, wobei auch Wärme gebildet wird (Nachreife). Es ist dies eine gewöhnliche Athmungsverbrennung, wie sie an jedem Theile der Pflanze beobachtet wird. Hört nun die O-Einwirkung auf, so erlischt auch jetzt das Leben der Frucht noch nicht; sondern die einzelnen Zellen entnehmen die zu ihrer Erhaltung nöthige Wärme (nicht O) aus dem Zerfall des Zuckers, dessen Spaltung in Alkohol und Kohlensäure sie zu diesem Zwecke bewirken (!).

Es wirken hier also die Parenchymzellen der Frucht nach Pasteur gerade so, wie die Zellen des der Luft entzogenen Gärungspilzes, nämlich als Fermente. So sind nach ihm wahrscheinlich alle im todten Thier- und Pflanzenkörper vorkommenden Fermentationen zu erklären. „Quand il y a vie sans air, il y a fermentation; et quand il y a fermentation, il y a vie sans air.“ — „Jedes Wesen, jedes Organ, jede Zelle, welche die Fähigkeit besitzt, chemische Actionen ohne freien Sauerstoff durchzumachen, ist als Ferment zu betrachten.“ —

Diese seine neueste Erklärung der Gärungsvorgänge scheint mir kaum eine glückliche genannt werden zu können. Ganz abgesehen davon, dass dieselbe mit der ursprünglichen und auch jetzt von den meisten Forschern noch acceptirten Fassung der vitalistischen Theorie eine kaum mehr erkennbare Aehnlichkeit hat, macht dieselbe auf jeden unbefangenen Beurtheiler unwillkürlich den Eindruck des Gezwungenen.

Nach dem jetzigen Standpunkt Pasteur's soll also nicht, wie man naturgemäss von der vitalistischen Theorie erwartet, das gesunde und natürliche Leben der Zellen unter normalen Bedingungen die Alkoholgärung bewirken, sondern vielmehr eine krankhafte, kümmerliche (pénible) Existenz unter ganz ab-

normen Bedingungen (Luftmangel), unter welchen die Aeusserung vegetativer Lebensvorgänge ohnedies fraglich ist. Unwahrscheinlich ist es, dass die Gewebszellen einer pflanzlichen Frucht, welche wir bekanntlich im Winter gerade durch Kälte conserviren, zur Erhaltung ihrer Vitalität der Wärme bedürfen sollen. Eine gezwungene Erklärung ist es, wenn Pasteur die Alkoholgärung in Früchten als ein Mittel erfindet, um die durch den Ausfall der Verbrennungswärme „gefährdete" Vitalität der Parenchymzellen durch die Spuren der Gärungswärme zu erhalten; wenn er umgekehrt diese Vitalität wieder das Mittel sein lässt, die Alkoholgärung des Zuckers hervorzurufen. Kaum gerechtfertigt endlich erscheint es mir, diese Fruchtgärung noch als eine vitalistische (biochemische) Wirkung der Cellulosezellen zu bezeichnen, welche doch keine Spur eines wirklich vegetativen Lebens, als Ernährung, Wachsthum oder Vermehrung, mehr erkennen lassen; noch weniger gerechtfertigt, diesen Vorgang mit der Thätigkeit der Hefezellen zu identificiren, die doch bei der Alkoholgärung wachsen, sich ernähren und vermehren.

Im Ganzen wird man aus der Geschichte der Alkoholgärungstheorieen Pasteur's den Eindruck gewinnen, dass dieser sonst so hochverdiente Forscher, durch die consequenten Einwände seiner Gegner von Erklärung zu Erklärung gedrängt, der Gärungstheorie schliesslich eine Fassung gegeben hat, welche kaum unter den Forschern dieselbe Zustimmung finden dürfte, welche man seinen schönen und verdienstvollen Experimenten bisher entgegengebracht hat.

Der zuletzt gegebenen Erklärung des Gärungsvorganges ist Pasteur bis auf den heutigen Tag treu geblieben, und noch kürzlich (2. März 1875), inmitten langer und erregter Debatten der Pariser Académie de Médecine, von den Einwänden seiner Gegner heftig bedrängt, erklärte er mit der ganzen Hartnäckigkeit eines überzeugungstreuen Franzosen:

„Dans la théorie, que je viens de présenter ...., il y a une proposition capitale: c'est celle de la vie sans air; vraie, la théorie subsiste; inexacte, la théorie s' écroule!"

Hält man sich streng an das, was thatsächlich durch die Untersuchungen Pasteur's zu Tage gefördert ist, und sieht man von der letzteren Verallgemeinerung seiner Theorie für alle anderen fermentativen Processe ab, so wird man als feststehend

betrachten können, 1) dass für das Zustandekommen der Alkoholgärung in zuckerreichen Flüssigkeiten die Gegenwart und die Vermehrung von Hefezellen nothwendig ist, und 2) dass die Zerlegung des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure keine einfache Wirkung des Lebensprocesses der Hefezellen ist, sondern gewissermassen der Ausdruck eines abnormen Lebens unter veränderten Bedingungen, als welche Pasteur das Leben derselben ohne freien Sauerstoff hinstellt.

Diese in der Hauptsache durch Pasteur geförderten Ergebnisse sind neuerdings durch die Versuche Brefeld's in werthvoller Weise bestätigt worden, ohne dass jedoch bis jetzt ein weiterer wesentlicher Fortschritt in der Erkenntniss erzielt worden wäre.

Brefeld[1]) constatirt von Neuem, dass nur die nicht wachsende, dem Luftsauerstoff entzogene (untergetauchte — Pasteur) Hefezelle Alkoholgärung zu produciren vermag. Dennoch ist das Wachsthum derselben an der Luft für die Fortdauer des Gärungsprocesses nothwendig, damit die Thätigkeit der Hefe sich nicht erschöpft (Pasteur's Verjüngung). Es gehen daher Gärung und Vermehrung in der Bierwürze bei Luftzutritt in der Regel gleichzeitig neben einander her; aber beide können unabhängig von einander bestehen (Pasteur's Mycoderma-Versuch). Denn, wenn auch die Hefezellen nicht mehr wachsen und sich nicht fortzupflanzen vermögen, schreitet die Gärung doch fort, so lange als dieselben überhaupt nur leben. „Es ist also die Gärung der Ausdruck einer unvollkommenen Lebenserscheinung, und diese abnorme Lebenserscheinung beobachten wir dann, wenn die zur normalen Entwickelung der Hefe nothwendigen Nährstoffe nicht in zutreffender Weise zusammenwirken."

Gegen diese Resultate sprechen auch nicht die Ergebnisse von A. Mayer[2]), welcher in zahlreichen Versuchen nochmals die Abhängigkeit der Gärung von dem Leben und der Entwickelung der Hefe nachwies.

Mayer prüfte namentlich den Einfluss der anorganischen

---

[1]) O. Brefeld: Untersuchungen über die Alkoholgärung. Verhandlungen der Würzb. physik.-med. Gesellschaft, Bd. V, 1873, S. 163—179.

[2]) A. Mayer: Ueber alkoholische Gärung u. s. w. Poggendorf's Annalen, 1871, S. 293, und Zeitschr. f. Biologie, Bd. V, S. 311. — Lehrbuch der Gärungschemie, 1874.

Nährsalze der Hefe auf den Verlauf der alkoholischen Gärung und fand, dass, wie schon Pasteur gezeigt hatte, gewisse in der Hefenasche enthaltene Bestandtheile, insbesondere die Phosphorsäure und das Kali, für das Wachsthum der Hefe und für das Zustandekommen der Gärung unumgänglich nothwendig sind, während andere Aschenbestandtheile, wie das Natrium, Calcium, Eisen, Kieselsäure und Chlor, bei der Vegetation derselben leicht entbehrt werden können. Am vollständigsten trat die geistige Gärung und die Hefenbildung in seinen Culturversuchen ein, wenn er zu einer 15procentigen Zuckerlösung saures phosphorsaures Kali (10 Th.), crystallisirte schwefelsaure Magnesia (5 Th.), basisch phosphorsauren Kalk (1 Th.) und weinsaures Ammoniak oder salpetersaures Ammoniak (12 Th.) hinzusetzte. In solchen Lösungen erfolgte bei günstiger Sommertemperatur innerhalb 1½—2 Monaten eine vollständige Vergärung des Zuckers mit reichlicher Entwickelung von Hefezellen.

Alle Versuche, in welchen Kali oder Phosphorsäure oder beide zugleich in der Lösung fehlten, ergaben stets negative Resultate. Wahrscheinlich kann auch der Kalk und die Magnesia, wie einige Culturversuche lehrten, von der Hefe unter Umständen entbehrt werden; jedoch erwies sich die Anwesenheit dieser Stoffe für das Zustandekommen der Gärung immer nützlich.

Ein ganz ähnliches Resultat erhielt Mayer bezüglich des Schwefels, welcher sich als nicht unumgänglich nothwendig zur Gärung erwies. Es ist dieses letztere Ergebniss beachtenswerth, da bekanntlich Liebig den ähnlichen Culturversuchen Pasteur's eingewendet hatte, dass eine Entwickelung der Hefe hier nicht möglich sei, da ja der Schwefel, welcher einen wichtigen Bestandtheil des Protoplasmas der Hefe bildet, in den von Pasteur verwendeten Nährsalzlösungen fehle. Dieser theoretisch ganz berechtigte Einwand dürfte jedoch, ebenso wie die von A. Mayer gefundene Entbehrlichkeit der Kalk- und Magnesiasalze, in dem Umstande seine Erklärung finden, dass der in allen diesen Fällen verwendete „Candiszucker" gewöhnlich schon geringe Mengen von Kalk, Magnesia und Schwefel enthält.

Im Ganzen bestätigt also A. Mayer den von Pasteur geführten Nachweis der Möglichkeit, Zuckerlösungen durch künstliche Hefecultur in Gärung zu versetzen, und beweist zugleich, dass Er-

nährung und Vermehrung der Hefe für die Fortdauer der geistigen Gärung nothwendig ist. Nach seinen überaus zahlreichen und mannigfach variirten Gärungsversuchen gelangt er schliesslich zu dem folgenden Resultat: „dass die Bedingungen des Zuckerzerfalls immer und immer an die Bedingungen des Lebens und Gedeihens des Hefepilzes geknüpft sind und nicht von diesen letzteren unabhängig gemacht werden können“. —

Von ganz besonderem Interesse in theoretischer, wie praktischer Beziehung sind namentlich diejenigen Versuche von A. Mayer[1]), welche sich auf die Rolle der in den natürlichen Gärungsflüssigkeiten (Weinmost, Bierwürze, Fruchtsäften) enthaltenen Eiweissstoffe für die Ernährung der Hefe beziehen.

Bekanntlich hatte Pasteur gefunden, dass die Albuminate (Albumin, Kleber, Diastase) für das Zustandekommen der alkoholischen Gärung gar nicht nothwendig seien, wie Berthelot, Mulder und Liebig behauptet hatten, sondern dass der zur Ernährung der Hefenpilze nothwendige Stickstoff denselben in Form von Ammoniak geboten werden könne. Hieraus war nun, auf Grund der Analogie mit anderen Pflanzen, die auch von uns getheilte Ansicht entstanden, dass der Gärungspilz überhaupt unfähig sei, die Proteinstoffe der Pflanzensäfte direct zu assimiliren. Diese Ansicht ist nun durch A. Mayer theilweise als irrig erwiesen worden.

Er zeigte, dass allerdings Hühnereiweiss und andere Albuminate, wie schon früher Thénard, Colin und Pasteur gefunden hatten, an und für sich völlig ungeeignet zur Ernährung der Hefe sind, dass dagegen die leicht löslichen und diffundirbaren Derivate derselben, welche die Membran der Hefezellen rasch zu durchdringen vermögen, von der Hefe relativ leicht assimilirt werden. So fand er namentlich die Peptone, ferner unreine (deutsche) Pepsinpräparate, Diastase und Syntonin, endlich sogar Allantoin, Harnstoff und Guanin als vollkommen geeignete Nährstoffe für die Hefenpilze. Es ist hierdurch also wahrscheinlich gemacht, dass bei dem natürlichen Gärungsvorgange in Fruchtsäften und Pflanzendecocten allerdings nicht die Eiweisskörper an

---

[1]) A. Mayer: Lehrbuch der Gärungschemie, 1874, S. 113.

und für sich, sondern deren Umwandlungs- und Zersetzungsproducte das stickstoffhaltige Nährmaterial für die Hefe bilden[1]).

Uebrigens bestätigt A. Mayer[2]) vollständig die von Pasteur aufgedeckte Thatsache, dass die Eiweissstoffe bezw. deren Derivate in Gärungsflüssigkeiten zweckmässig ersetzt werden können durch lösliche Ammoniaksalze, z. B. weinsaures, phosphorsaures, schwefelsaures und salpetersaures Ammoniak. Dagegen erwies sich in seinen Versuchen die Salpetersäure als vollkommen ungeeignet, die stickstoffhaltige Nahrung der Hefe zu bilden.

Es ist dies letztere Ergebniss, welches auch Ed. Schaer bestätigt hat, einigermassen auffallend, da wir von zahlreichen anderen niederen Organismen, z. B. den Schizomyceten (F. Cohn) und den Schimmelpilzen (Selmi, Raulin) wissen, dass sie den zum Aufbau ihres Protoplasmas erforderlichen Stickstoff ausschliesslich den Nitraten zu entnehmen vermögen.

Auch ist Dubrunfaut[3]) in seinen Culturversuchen mit Hefe zu einem gerade entgegengesetzten Resultat gekommen; er fand, dass die alkoholische Gärung in Zuckerlösungen viel schneller von Statten ging nach Zusatz von salpetersaurem Kali zu der Gärungsflüssigkeit, wobei die Salpetersäure von den wachsenden Hefezellen vollständig verbraucht wurde. Nach ihm steht sogar unter den organischen Nährstoffen, welche die alkoholische Gärung begünstigen, der Kalisalpeter oben an; ihm folgen in absteigender Reihe erst das Ammoniak und das Kalium in Form eines schwefelsauren oder phosphorsauren Salzes, sodann der phosphorsaure Kalk, die schwefelsaure Magnesia und das Sulphat des Calciums und Natriums. Man wird daher die Frage, ob die Salpetersäure von den Hefe-

---

[1]) In gärender Bierwürze werden häufig neben der Bierhefe Fäulnissorganismen (Schizomyceten, Bacterien) gefunden, welche von Pasteur als die Ursache der häufig gleichzeitigen Bildung von Milch- und Essigsäure angesprochen werden. Nach Lintner (C. O. Harz: Grundzüge der alkohol. Gärungslehre, 1877, S. 23) haben diese Organismen in Gärungsflüssigkeiten möglicherweise die Aufgabe, dass sie „die schwerer verdaulichen Eiweisskörper der Gärflüssigkeit rascher in solche organische, stickstoffhaltige Verbindungen überführen, welche die Hefemembran leicht zu passiren vermögen. In ähnlicher Weise also, wie die Bacterien sich gegen das Hühnereiweiss, so würden sie sich hier gegen die theilweise geronnenen Eiweisskörper der Bierwürze verhalten. Frisches Hühnereiweiss kann nicht diffundiren, ist daher kein Nährstoff für die Hefe; gefaultes (d. i. von Schizomyceten verarbeitetes) Hühnereiweiss ist diffundirbar, dient daher als Nährstoff der Hefe."

[2]) A. Mayer: Untersuchungen über die alkoholische Gärung. Heidelberg, 1869, S. 58.

[3]) Dubrunfaut: Compt. rend. 1871, Bd. 73, p. 200, 263 u. 317.



zellen assimilirbar und das Ammoniak zu ersetzen im Stande ist, vor der Hand wohl noch als eine offene betrachten dürfen. —

Man könnte in allen diesen Versuchen — welche die Nothwendigkeit des Wachsthums der Hefe für den Process der geistigen Gärung von Neuem darthun — einen Widerspruch erblicken mit der von Pasteur und Brefeld gefundenen Thatsache, dass nur die nicht wachsende Hefezelle die alkoholische Gärung zu erregen vermag. Dieser Widerspruch ist jedoch nur ein scheinbarer und löst sich auf die ungezwungenste Weise, wenn man sich der früher erwähnten und namentlich von Pasteur hervorgehobenen Beobachtung erinnert, dass die dem Sauerstoffeinfluss entzogene, Gärung erregende Hefezelle bei Fortdauer dieses Zustandes schliesslich untergeht, wenn nicht durch erneute Zufuhr von atmosphärischer Luft gewissermassen eine Erneuerung des Lebens derselben stattfindet. Eine Ernährung der Hefe und die Darbietung aller zum Aufbau ihrer Zellen erforderlichen Stoffe ist eben unbedingt nothwendig, damit der Process der Alkoholgärung für die Dauer bestehen und bis zu Ende durchgeführt werden kann. Bierhefe, welche nicht ernährt wird und die zur Erhaltung ihres Lebens nothwendigen Nahrungsstoffe in der Gärungsflüssigkeit nicht vorfindet, stirbt nach einiger Zeit ab und verfällt damit dem Processe der Fäulniss. Dass unter diesen Verhältnissen die alkoholische Gärung in zuckerhaltigen Flüssigkeiten in der That unterbleibt oder nach kurzer Zeit stille steht, haben die Versuche mit ausgewaschener Bierhefe (Colin) und die Culturen von Hefe in reinen Zuckerlösungen (Thénard, Liebig) hinlänglich erwiesen. Die Fortdauer des Lebens und die fortlaufende Ernährung und Vermehrung der Hefezellen (vie poursuivie, continuée des globules, Pasteur) ist also Bedingung für die gleichzeitige Fortdauer des Gärungsvorganges. —

Im Grossen und Ganzen bleibt jedoch hierbei die Art und Weise, wie die Hefezellen unter den genannten Verhältnissen den Zerfall des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure bewirken, immer noch vollständig unaufgeklärt. Diese Frage ist seit der enttäuschenden Entdeckung, dass der Alkoholgärungsprocess kein einfacher Stoffwechselvorgang der Hefezellen ist, wie man früher glaubte, der Gegenstand vielfacher Hypothesen und Discussionen geworden, ohne dass es jedoch bis jetzt gelungen wäre, Licht über das herrschende Dunkel zu verbreiten.

Man kann unter den neuerdings aufgestellten Erklärungsversuchen 4 verschiedene Theorieen unterscheiden, von denen eine jede noch heute ihre Vertreter hat:

1) Die Hefezelle besitzt die Fähigkeit, ohne freien Sauerstoff zu leben und denselben, wo sie ihn nicht fertig gebildet vorfindet, aus festen chemischen Verbindungen zu ziehen; diese Sauerstoffentziehung bewirkt eine Lockerung des Zusammenhanges der Atome im Zuckermolekül, wodurch dasselbe in Alkohol und Kohlensäure zerfällt (Gärung). — Pasteur (1860);
2) Die Bierhefe wirkt gärungserregend durch die Erzeugung eines chemischen Ferments bei dem Processe des Wachsthums und der Keimung. — v. Liebig (1870), Hoppe-Seyler (1876);
3) Die Alkoholgärung ist die Folge einer Nekrobiose der äusseren Hefezellenmembran. — Karsten und C. O. Harz (1869);
4) Die Hefezellen wirken als galvanische Elemente durch Erzeugung electrischer Ströme. — Fleck (1873).

Die erste von Pasteur aufgestellte Theorie der Alkoholgärung ist bereits im Vorhergehenden, im Zusammenhang mit der geschichtlichen Entwickelung der vitalistischen Lehre, des Näheren erörtert worden. Sie ist eben vor der Hand noch Hypothese und besitzt, trotz ihrer consequenten und sachlichen Begründung durch Pasteur, doch noch ihre unläugbaren Mängel, auf welche bereits hingewiesen wurde. Auch fehlt es dieser „modificirten vitalistischen Theorie“ selbst unter den Anhängern des Vitalismus nicht an zahlreichen und namhaften Gegnern [1]).

Die zweite Ansicht, nach welcher gewisse in der Hefezelle thätige chemische Fermente die Ursache der Zersetzung des Zuckermoleküls sein sollen, ist namentlich von Liebig [2]) in der zuletzt von ihm publicirten Arbeit über Gärung ausgesprochen

---

[1]) Auch Billroth bezeichnet diese Theorie Pasteur's nur als „eine seiner vielen, hochinteressanten fermentirenden Hypothesen“. Er hat ohne Zweifel denselben Eindruck empfangen, wenn er sagt: „Doch ist es mir vorgekommen, als wenn er (Pasteur) gerade diese oben zusammengefassten Ideen auch für nichts mehr, als für Erklärungsversuche ausgiebt, sie keineswegs als bewiesene, wissenschaftliche Thatsachen betont.“ (Coccobacteria septica, p. 136.)

[2]) J. v. Liebig: Ueber Gärung, die Quelle der Muskelkraft und Ernährung. Leipzig u. Heidelberg, 1870.



worden. Im Wesentlichen hält er dabei an der früher ausgesprochenen Anschauung fest, „dass das Zerfallen einer gärungsfähigen Materie in einfachere Verbindungen zurückgeführt werden müsse auf einen Spaltungsprocess, der im Ferment bestehe, und dass die Wirkung des Gärungerregens auf die gärungsfähige Substanz fortdauert oder ihr Ende findet mit der Dauer oder der Beendigung des im Ferment bestehenden Umsetzungsprocesses“.

Dieses Ferment ist, wie wir früher bereits angeführt haben, nach Liebig eine in dem Protoplasma der Hefezellen enthaltene stickstoff- und schwefelhaltige Substanz, welche sich im Zustande der Zersetzung oder Umlagerung befindet. Der Zucker der Gärungsflüssigkeit soll sich dabei mit den Eiweisskörpern im Innern der Hefe zu einem festen Proteinsaccharate verbinden, aus welchem dann in Folge der Umlagerung eines oder einiger Bestandtheile des Ferments der Alkohol sich abscheidet. Das Ferment wirkt hierbei also in ähnlicher Weise, wie das Emulsin auf gewisse Glucoside, z. B. Amygdalin und Salicin. Beide Substanzen werden zersetzt, sobald sie mit dem (gleichfalls schwefel- und stickstoffhaltigen) Emulsin in Berührung kommen; eben so spaltet sich auch der Zucker in Alkohol und Kohlensäure bei der Berührung mit dem Ferment der Hefe. Beide Fermente, das Emulsin und die Hefe, theilen ferner noch die Eigenschaft, dass sie, mit Wasser zum Sieden erhitzt, ihre Fähigkeit, Gärung zu erregen, verlieren.

Für die Annahme, dass dieses Ferment der Hefe, ähnlich wie das Emulsin in den Mandeln, durch den Lebensprocess der Hefezelle erzeugt wird, führt Liebig namentlich die Thatsache an, dass ein ähnliches Ferment, nämlich dasjenige, welches den Rohrzucker in gärungsfähige Glycose umwandelt (invertirendes Ferment) in der Hefe bereits nachgewiesen ist. Von diesem letzteren wird weiter unten noch die Rede sein.

Liebig hat diese Anschauung mit zahlreichen Analogieen aus der Chemie zu begründen gesucht, z. B. mit der Abspaltung von Zucker, von Alkohol in der Fettreihe aus Albuminaten bei der Behandlung mit Säuren; jedoch dürfte es ihm schwerlich gelungen sein, durch diese Argumente seiner Theorie einen höheren Grad von Wahrscheinlichkeit zu verleihen. —

Wenn wir hier von der Wirkungsweise des Ferments ganz absehen und uns nur an die Möglichkeit der Fermenterzeugung

durch die Gärungspilze halten, so lässt sich für dieselbe die Thatsache anführen, dass von zahlreichen anderen, ja wohl den meisten thierischen und pflanzlichen Organismen die Erzeugung chemischer Fermente in den Geweben nachgewiesen ist. Wir kennen gegenwärtig eine ganze Reihe solcher chemischen Fermente, welche von lebenden Zellen des wachsenden Thier- und Pflanzenkörper erzeugt und grösstentheils für den Stoffwechsel des mütterlichen Organismus thätig sind. Zu diesen „physiologischen Fermenten" rechnen wir z. B. die Diastase in der keimenden Gerste, welche Stärke in Dextrin und Zucker umwandelt, das Myrosin in den Senfsamen, das Emulsin in den Mandeln und die Fermente der thierischen Verdauungsdrüsen, das Ptyalin, Pepsin und Trypsin, welche theils saccharificirende, theils eiweissspaltende Wirkungen besitzen. Wie also höhere Pflanzen und Thiere durch die Processe des Wachsthums und der Ernährung Fermente zu erzeugen im Stande sind, ebenso muss auch für die Gärungsorganismen die Möglichkeit einer solchen Fermenterzeugung zugestanden werden.

Diese Ansicht hat in jüngster Zeit namentlich auch in Hoppe-Seyler[1]) ihren namhaften und beredten Vertheidiger gefunden.

Man hat gegen diese Analogie geltend gemacht, dass bei den genannten physiologischen Fermenten die Wirksamkeit mit der Thätigkeit sich erschöpfe, während das Ferment der Hefe bei der geistigen Gärung sich reproducire und vervielfältige. Allein dieser Einwand kann nicht schwer ins Gewicht fallen, wenn man berücksichtigt, dass bei der Alkoholgärung der erzeugende Organismus selbst beständig zugegen ist, während für die Wirksamkeit der physiologischen Fermente die Gegenwart der mütterlichen Zellen bekanntlich gar nicht erforderlich ist. Da die Hefezellen während der Gärung zugleich sich vermehren, so wird damit

[1]) F. Hoppe-Seyler: Ueber die Processe der Gärungen und ihre Beziehungen zum Leben der Organismen. Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiologie, Bd. XII, S. 5 u. 9. — Hoppe-Seyler bekämpft namentlich, wie früher J. v. Liebig, die Identificirung der Gärungsprocesse mit dem Leben niederer Organismen, wie sie die vitalistische Theorie (Pasteur) lehrt, und sagt, dass „ein solches Verfahren die physiologische Chemie geradezu negirt und eine biologisch-botanische oder zoologische Betrachtung zur alleinherrschenden macht.... Unzweifelhaft sind niedere Organismen die Producenten und Träger von Fermenten, ebenso gut als die höheren. So wie der Mensch diastatisches Ferment, Pepsin u. s. w. producirt, haben alle anderen Pflanzen und Thiere ihre Fermente, aber sie sind nicht identisch damit."



natürlich auch das Ferment sich vermehren oder vervielfältigen; eine solche Vermehrung ist aber bei der Fermentation durch Emulsin und Myrosin begreiflicher Weise nicht zu erwarten. Die Vervielfältigung ist hier in gleicher Weise an den lebenden Mandelbaum und die lebende Senfpflanze gebunden, wie die Erzeugung des Gärungsferments an die lebende Hefezelle.

Ein anderer und schwerer wiegender Unterschied zwischen beiden besteht aber darin, dass die Fermente des Thier- und Pflanzenkörpers auch getrennt von den lebenden Zellen ihre Wirksamkeit zu äussern vermögen, das Ferment der Hefe dagegen von den lebenden Zellen bisher nicht trennbar war. Wenn wirklich ein chemisches Ferment in der Bierhefe wirksam ist, warum — da ja nach unserer bisherigen Erfahrung Fermente nur im gelösten Zustande wirksam sind — lässt sich dieses Ferment nicht isoliren, warum vermag nur die Hefezelle selbst die gärungserregende Wirkung zu äussern?

Alle Versuche, welche von Forschern der verschiedensten Zeiten in dieser Richtung bisher angestellt wurden, sind negativ ausgefallen. Man hat die Hefeflüssigkeiten filtrirt oder durch Diffusion mittelst feiner Membranen von den gelösten Bestandtheilen zu trennen gesucht (Mitscherlich, Helmholtz, Dumas u. A.); aber in allen diesen Versuchen blieb die Gärung in der zuckerhaltigen Flüssigkeit aus, solange die Berührung mit den Hefezellen selbst verhindert war. Selbst in einer in voller Gärung begriffenen Bierwürze steht die Gärung alsbald still, wenn dieselbe durch Filtriren von den in ihr enthaltenen Hefekügelchen getrennt und der Hinzutritt neuer Keime zu derselben verhindert wird. Alle Forscher stimmen, wie wir früher schon hervorhoben, darin überein, dass der unmittelbare Contact der Hefe mit der Zuckerlösung zur Gärung erforderlich ist.

Abweichende Beobachtungen sind nur von Colin im Jahre 1824 und neuerdings auch von Fleck (1876) mitgetheilt worden.

Colin [1]) hatte eine Hefeflüssigkeit filtrirt und dabei gefunden, dass das Filtrat, einer Zuckerlösung hinzugesetzt, wieder Alkoholgärung zu erregen vermag, wenn es eine Zeit lang mit der Luft in Berührung gewesen ist. Er erklärte diese erneute Wirksam-

[1]) Colin: Mémoire sur la fermentation du sucre. Annales de Chim. et Phys., Bd. 28, p. 128, und Bd. 30, p. 42.



keit des Filtrats aus der Absorption von Sauerstoff aus der Luft. Nach den neueren Erfahrungen indess dürfte dieser Versuch kaum irgend welche Beweiskraft beanspruchen, da wir durch Schwann, Schröder und v. Dusch, Hoffmann, Chevreul und Pasteur wissen, dass der kurze Moment der Berührung einer Gärungsflüssigkeit mit der Luft schon genügt, um entwickelungsfähige Keime der Bierhefe aus derselben aufzunehmen.

Fleck[1]) wiederholte die im Jahre 1843 von Helmholtz[2]) mitgetheilten Versuche, die bei der Gärung des Weinmostes wirksamen Stoffe frischen ausgekochten Gärungsflüssigkeiten, unter völligem Luftabschluss, durch Diffusion zugehen zu lassen. Helmholtz hatte zu diesem Zwecke weite Reagenzgläschen benutzt, welche von der Gärungsflüssigkeit angefüllt, mit einer thierischen Membran zugebunden, dann vorsichtig erhitzt und umgekehrt in ein Gefäss mit gärendem Traubensaft eingetaucht wurden. In diesen Versuchen gelang es ihm niemals, innerhalb der Reagenzgläschen Gärung des Traubensaftes einzuleiten.

Fleck modificirte diese Versuchsanordnung in der Weise, dass er statt der Reagenzgläschen eine Glasröhre benutzte, welche am oberen Ende mit Watte verstopft und am unteren mit Pergamentpapier zugebunden war. Dieses Pergamentpapier wurde dann noch mit einer Leimschicht überzogen, die bei 150° getrocknet war. (Bei dieser Temperatur verliert nämlich, wie Fleck gefunden hat, der Leim die Fähigkeit, in Wasser aufzuquellen.) Das Rohr wurde mit in voller Gärung begriffenem Most oder Bierwürze gefüllt und in ein Gefäss gestellt, welches gut ausgekochten, von Keimen befreiten Most oder Bierwürze enthielt und gegen neue Einsaat von der Luft her geschützt war. In diesen Versuchen trat regelmässig in dem äusseren Gefäss alkoholische Gärung ein.

Dagegen erhielt Fleck stets negative Resultate, wenn er den Versuch in der von Helmholtz angegebenen Weise ausführte. Er erklärt dies aus der Verschiedenheit der verwendeten Membran, welche in Helmholtz's Versuchen, wie er meint, eine Diffusion der gärenden Flüssigkeit zur gärungsfähigen nicht gestattete.

---

[1]) H. Fleck: Die Fermente in ihrer Beziehung zur Gesundheitspflege. Berichte der chemischen Centralstelle f. öffentl. Gesundheitspflege zu Dresden. Dresden, 1876. — Centralbl. f. d. med. Wiss., 1876, S. 781.

[2]) H. Helmholtz: Ueber das Wesen der Gärung und Fäulniss. Müller's Archiv, 1843, S. 453.



Ich halte diese Versuche, trotz der scheinbaren Genauigkeit der Versuchsanordnung, doch nicht für streng beweisend. Bestimmend ist hierbei für mich namentlich die Angabe von Fleck, dass in der äusseren Flüssigkeit, welche durch die diffusiblen Stoffe in Gärung versetzt wurde, Hefezellen nachweisbar waren. Dieser Nachweis genügt, um die Annahme eines chemischen, diffusiblen Ferments zu erschüttern und die Hefezellen für die eingetretene Gärung verantwortlich zu machen.

Eine andere Frage in diesen Versuchen ist, woher die Hefezellen in der Aussenflüssigkeit stammen? Fleck sucht diese Frage durch eine andere Versuchsreihe zu beantworten. Er brachte Bierhefe in Lösung durch Kochen derselben mit Kalilauge. Wurde diese Lösung in die mit Pergamentpapier verschlossene Röhre gegossen und dieselbe alsdann in mit Weinsäure versetzte Würze getaucht, so trat eine Trübung, Bildung von Saccharomyces cerevisiae, Mycoderma aceti und Milchsäurebacterien ein. Er ist der Ansicht, „dass diese Zellenformen durch Urzeugung ohne Keim entstanden seien.“ Ehe ich mich jedoch entschliessen kann, in diesen Fällen mit Fleck von Neuem eine Generatio aequivoca anzunehmen, möchte ich glauben, dass Fehler in der Ausführung des Versuchs die Quelle des Auftretens dieser kleinsten Organismen und damit auch die Ursache der Gärung in der äusseren Flüssigkeit gewesen sind. —

In jüngster Zeit hat Marie Manassein[1]) (1871) noch einen anderen Weg eingeschlagen, um die Frage nach der Betheiligung chemischer Fermente bei der Alkoholgärung zu entscheiden. Sie suchte die Vitalität der zum Gärungsversuch verwendeten Hefezellen aufzuheben, ohne die Fermente zu vernichten, und zwar durch die Einwirkung der Siedehitze, durch welche in der That gewisse chemische Fermente in ihrer Wirksamkeit nicht beeinflusst werden.

Die Resistenz der Hefezellen gegen Temperatureinflüsse ist eine sehr verschiedene, je nachdem die Hefe im feuchten oder trockenen Zustande sich befindet. Trockene Bierhefe kann nach

[1]) M. Manassein: Beiträge zur Kenntniss der Hefe und zur Lehre der alkoholischen Gärung. Microscopische Untersuchungen aus dem Laboratorium des Prof. Wiesner zu Wien. Stuttgart, 1871. (Referirt in Hoffmann's mykologischen Berichten, Bd. III, S. 107.)



den Versuchen von J. Wiesner stundenlang auf 100° C. (nach Hoffmann sogar bis auf 200° C.) erhitzt werden, ohne dass die Lebensfähigkeit derselben erlischt; nasse Hefe hingegen stirbt schon bei einer Erwärmung auf 50—60° C. (v. Liebig, Pasteur, A. Mayer) ab und verliert die Fähigkeit, in Gärungsflüssigkeiten sich weiter zu entwickeln.

M. Manassein erhitzte nun Bierhefe, diesen Angaben entsprechend, mit allen Vorsichtsmassregeln im Luftbade bis über Siedetemperatur; in anderen Versuchen wurde feuchte Hefe einige Zeit hindurch gekocht. Die so behandelte Hefe wurde alsdann zu gekochten Gärungsflüssigkeiten hinzugesetzt und bei günstiger Temperatur mehrere Tage sich selbst überlassen. Es ergab sich in allen diesen Versuchen, dass die Hefezellen, trotzdem sie durch die Siedehitze ihrer vitalen Eigenschaften vollkommen beraubt waren, dennoch die alkalische Gärung in der Zuckerlösung zu bewirken vermochten. Aus diesen Versuchen zieht Verfasserin den Schluss: „dass lebende Hefezellen zur alkoholischen Gärung nicht nothwendig seien, sondern dass das specifische Ferment dabei wahrscheinlich erst in den Hefezellen (und in einigen Schimmelarten) gebildet werde, wie das Emulsin in den Mandeln.“

Auch diese Versuche kann ich nicht für streng beweisend halten, einmal weil der Hinzutritt von Hefekeimen aus der Luft nicht ausgeschlossen ist, und zweitens, weil es ausserordentlich schwer, ja vielleicht unmöglich sein dürfte, bei der microscopischen Untersuchung einer gärenden Flüssigkeit die neu sich entwickelnden lebenden Hefezellen von den künstlich hinzugefügten todten Zellen zu unterscheiden. Alle anderen Forscher haben überdies im im Gegensatz zu obigen Versuchsresultaten gefunden, dass Kochen die fermentirende Wirksamkeit der Hefe ausnahmslos aufhebt (v. Liebig, Pasteur, Schwann u. a.). Wie man in frischem Traubensaft, welcher stets bereits die Keime lebender Hefezellen enthält, den Eintritt der alkoholischen Gärung durch Kochen verhindern kann, so steht auch in gärendem Most oder gärender Bierwürze die Gärung augenblicklich still, wenn durch Kochen die Lebensfähigkeit der Hefe zerstört wird und nur geglühte oder filtrirte atmosphärische Luft zu derselben hinzutritt.

Ganz direct widersprechen obigen Angaben ausserdem die

Versuche von A. Mayer[1]). Derselbe prüfte den Einfluss verschiedener Temperaturgrade auf Gärungsgemische, um über die Betheiligung oder Nichtbetheiligung eines chemischen Ferments Aufschluss zu erhalten. Fünf zugestöpselte Gläschen mit breiiger Bierhefe und Zuckerlösung wurden unter Wasser so langsam erwärmt, dass die Temperaturerhöhung um 5° C. etwa 7—11 Minuten in Anspruch nahm; bei 50°, 55°, 60°, 65°, 70° wurde je ein Fläschchen herausgenommen und in den darauf folgenden Tagen auf alkoholische Gärung und Hefeentwickelung untersucht. Diese Versuchsreihe ergab, dass die Hefe etwa bei 55° C. oder etwas darüber ihre Fähigkeit, Gärung zu erregen und zu sprossen, verlor. Die bei 60—70° C. aus dem Wasserbade herausgenommenen Fläschchen zeigten, so lange sie gut verschlossen gehalten wurden, durchaus keine Gärung. Das bei 55° herausgenommene Gemisch ging erst nach längerer Dauer in alkoholische Gärung über, wahrscheinlich, weil einige Zellen diese Temperatur überstanden hatten. Die nur auf 50° erwärmte Flüssigkeit zeigte sofort eine sehr lebhafte Gärung. Mayer schliesst aus diesen Versuchen, dass „jenes (hypothetische) Ferment, welches die Alkoholgärung des Zuckers veranlassen soll, überall nur zusammen bestehen kann mit dem lebenden Organismus und im Augenblicke seiner Entfernung von diesem oder dessen Todes seine Wirksamkeit einbüsst."

Wir können es demnach zur Zeit wohl noch als feststehend betrachten, dass die Existenz eines chemischen Alkoholgärungsferments in der Bierhefe bisher nicht nachgewiesen ist, dass vielmehr für die Einleitung und die Dauer der geistigen Gärung immer die Gegenwart und die Vermehrung lebender Hefezellen nothwendig ist; endlich, dass die Wirkung des Gärungserregens auf die gärungsfähige Materie immer nur bei Berührung der Hefe mit der zuckerhaltigen Flüssigkeit stattfindet. —

Nur für eine Art chemischer Umwandlung, welche gleichfalls bei der geistigen Gärung des Zuckers abläuft, hat die Thätigkeit eines chemischen, von der Hefe gebildeten Ferments von den Chemikern nachgewiesen werden können. Es besteht dieser Vor-

[1]) Landwirthschaftl. Versuchsstation, Bd. 14, S. 1.



gang in der Inversion[1]) des Rohrzuckers durch die Bierhefe in Trauben- und Fruchtzucker.

Nicht alle Zuckerarten sind gärungsfähig; nur Traubenzucker (Glycose), Fruchtzucker (Levulose) und Galactose können direct von der Hefe vergärt werden. Rohrzucker und Milchzucker hingegen müssen zuvor in eine gärungsfähige Modification übergeführt werden. Es ist diese Umwandelung ein Spaltungsprocess, welcher unter der Aufnahme von Wasser erfolgt (Hydration) und nach folgender Formel verläuft:

$$\underset{\text{Rohrzucker}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O = 2\,\underset{\text{Glycose.}}{C_6H_{12}O_6}$$

Liebig gelang es zuerst, das Ferment, welches diese Inversion des Rohrzuckers bei der Gärung bewirkt, durch Ausziehen mit kaltem Wasser und Filtration von der Hefe abzuscheiden. Berthelot[2]) stellte es sodann dar, indem er die Hefe mit dem doppelten Volumen Wasser mehrere Stunden stehen liess und das gelöste Ferment aus dem Filtrat durch Alkohol fällte (Glycoseferment). Auch Hoppe-Seyler[3]) hat später das invertirende Ferment in ähnlicher Weise dargestellt.

Dies ist also ein von der Hefe gebildetes, chemisches Ferment, welches sich ganz so wie andere pflanzliche und thierische Fermente verhält und auch getrennt von den Zellen seine Wirkungen äussert. Damit ist die Möglichkeit der Erzeugung eines Alkoholgärungsferments durch die keimende Bierhefe meines Erachtens im Princip entschieden.

Durch diese Thatsache gestützt, halten daher die meisten Chemiker an der oben dargelegten Ansicht fest. Dass es nicht gelingen wollte, ein Ferment, welches Zucker in Alkohol und Kohlensäure spaltet, in wirksamem Zustande aus der Hefe abzuscheiden, wird gewöhnlich so erklärt, dass durch die bisherigen Behandlungsweisen der Hefe das Ferment wahrscheinlich in seiner

---

[1]) Als „Inversion" bezeichnet man die Umwandlung des die Polarisationsebene nach rechts drehenden Rohrzuckers in links drehende Glycose oder Levulose. Diese Umwandlung findet statt bei der Alkoholgärung durch die Einwirkung der Bierhefe; sie erfolgt aber auch durch die Einwirkung verdünnter Säuren (Schwefelsäure, Bernsteinsäure) und durch das von Berthelot und Hoppe-Seyler aus der Hefe extrahirte Ferment.

[2]) Berthelot: Compt. rend. Bd. 50, S. 890.

[3]) Hoppe-Seyler: Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin. Bd. IV, S. 810.

Zusammensetzung verändert und unwirksam werde. „Es lässt sich nicht läugnen, dass die Alkoholgärung bisher ohne Hefe nicht konnte erzielt werden. Dies berechtigt aber noch keineswegs zu der Annahme, dass es auch in Zukunft nicht gelingen werde, für das Alkoholferment ein Lösungsmittel zu finden, welches die Zusammensetzung des Ferments unalterirt lässt“ [1]). —

Die dritte Ansicht über die Hefewirkung ist die von Karsten [2]) und C. O. Harz [3]) aufgestellte Theorie, dass der Zerfall des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure die Folge einer Umwandlung (Nekrobiose) der äusseren Membran der Hefezellen sei. Karsten fand nämlich bei Culturen des Pilzes der Milchsäuregärung (Oidium lactis Fres.) und Behandlung desselben mit geeigneten Reagentien, dass die Milchsäure immer nur in der äusseren Membran der Pilzzellen nachweisbar war und daher wahrscheinlich auch nur von dieser gebildet werde. Aehnliche Beobachtungen machte er auch an anderen Pflanzenzellen. Er ist daher geneigt, aus Gründen der Analogie, den Process der Alkoholgärung gleichfalls zu so erklären, dass die Bildung des Alkohols, des grössten Theiles der Kohlensäure und der Nebenproducte (Glycerin, Bernsteinsäure) auf Kosten der äusseren älteren Membran der Hefezellen erfolge, welche in einem beständigen Zerfall (Nekrobiose) begriffen sei.

Harz hat diese Ansicht seines früheren Lehrers gleichfalls adoptirt und dafür in seiner mehrfach erwähnten Schrift noch folgende Gründe angeführt:

„1) Gerade so wie bei den Proteinsubstanzen, hat man auch bei der Cellulose gefunden, dass sie sich durch Umlagerung ihrer kleinsten Theilchen in Alkohole der Fettreihe

---

[1]) K. B. Hofmann: Ueber den Gärungsprocess vom medicinisch-chemischen Standpunkt. Mitth. des ärztl. Vereins zu Wien, 1873, No. 10 ff. Auch Allg. med. Centralztg., 1873, S. 629. — An dieser Stelle theilt Hofmann noch mit, was von allgemeinerem Interesse sein dürfte, dass es Gunning gelungen ist, durch wiederholtes Behandeln mit Glycerin die Hefe fermentfrei zu machen. Obgleich sie in diesem Zustande weder Rohrzucker in Traubenzucker umwandelt, noch die geistige Gärung zu bewirken vermag, „ist sie, wie das Microscop lehrt, doch nicht desorganisirt“. (Maandblad voor Natuurwetenschappen, II. Jahrg.)

[2]) H. Karsten: Chemismus der Pflanzenzelle. Wien, 1869. — Die Originalmittheilung war mir nicht zugänglich; obige Angaben sind grösstentheils der nachfolgenden Arbeit von Harz entnommen.

[3]) C. O. Harz: Grundzüge der alkoholischen Gärungslehre. München, 1877, S. 40.

und verwandte Körper verwandeln könne. Es gehört hierher die Entstehung des Wachses und Fettes in den Epidermiszellen, im Kork; die Bildung des Harzes aus den Zellenwänden des Polyporus officinalis, des Polyporus resinosus, der Xanthorrhoea hastilis etc.

2) Allgemein bekannt ist ihre Umwandlungsfähigkeit in Bassorin und andere Pflanzenschleime.

3) Mit Säuren liefert die Cellulose, auch die der Hefe, gärungsfähigen Zucker.

4) Nur ausgewachsene (alte), nicht junge heranwachsende Hefe ist fähig, Alkohol zu bilden, worauf schon Anthon aufmerksam gemacht".

Auch dieser Theorie fehlt es somit an Gründen der Wahrscheinlichkeit nicht. Ob die gegebene Erklärung zutrifft, muss natürlich weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben. —

Wenn ich nun zum Schluss noch die vierte Ansicht kurz bespreche, so muss ich gleich vorweg bemerken, dass sie, im Gegensatz zu den beiden zuletzt erwähnten Theorieen auf den ersten Blick den Eindruck der Unwahrscheinlichkeit macht.

Electrische, galvanische und electrochemische Gärungstheorieen haben bereits gegen Ende des vorigen und im Anfange dieses Jahrhunderts bei den Aerzten eine Rolle gespielt (Sprengel, Jahn, Kämtz, Schweigger[1]) u. a.); sie wurden jedoch bald wieder durch die objective Forschung und durch die wichtigen Ergebnisse über die Natur der Hefe verdrängt. Im Jahre 1810 hatte dann Gay-Lussac[2]) diese Theorie von Neuem wieder zu Ehren gebracht, indem er Versuche mittheilte, in welchen es ihm gelang, in frischem Weinmost mittelst Durchleitung eines electrischen Stromes aus einer galvanischen Kette Alkoholgärung zu erzeugen; er bezog dabei die gärungserregende Wirkung des galvanischen Stromes auf den electrolytisch ausgeschiedenen Sauerstoff. Diese Theorie wurde jedoch 1843 noch einmal aus dem Felde geschlagen, als Helmholtz[3]) durch exacte Versuche zeigte, dass „weder der Oxydationsprocess, noch die der Fäulniss ähnliche

---

[1]) J. S. C. Schweigger's Journal f. Chemie und Physik, Bd. 40, S. 259, und Bd. 41, S. 460.

[2]) Gay-Lussac: Extrait d'un mémoire sur la fermentation. Annales de Chimie, Bd. 76, S. 245.

[3]) Helmholtz: Müller's Archiv, 1843, S. 459.

freiwillige Zersetzung des Harnstoffs, noch die mächtige chemische Bewegung, welche durch den electrischen Strom hervorgerufen wird, im Stande sind, die Fäulniss oder Gärung einzuleiten".

Neuerdings hat nun Fleck[1]) wieder die electrische Theorie für die Alkoholgärung geltend gemacht. In einem Vortrage über die Processe der Gärungen theilte er mit, dass es ihm gelungen sei, auch durch den constanten galvanischen Strom Zucker in Alkohol umzuwandeln, wovon er in der Gesellschaft eine Probe herumgab. Er glaubt, dass die Gärungsorganismen in ähnlicher Weise durch die Erzeugung electrischer Ströme wirksam sind. „Die gärungserzeugenden Bacterien (so sagt der Bericht) — seien kleinste galvanische Zellen, von denen eine jede eine zwar geringe, aber durch Summirung erfolgreiche galvanische Thätigkeit entwickele und dadurch den gelösten Zucker zersetze. Der galvanische Strom beruhe auf Diffusion und unterscheide sich nur dadurch von der Reibungselectricität". Ich muss es dem Urtheil des Einzelnen überlassen, was er von dieser mir sehr anfechtbar erscheinenden Theorie halten will. —

Blicken wir somit auf das Ergebniss unserer Erörterung über die verschiedenen Theorien der Hefewirkung zurück, so müssen wir bekennen, dass keine derselben bisher die schwebende Frage endgültig zu lösen vermocht hat. Die grössere Wahrscheinlichkeit dürfte auf Seiten der Theorie von der Fermenterzeugung und derjenigen von der Nekrobiose der äusseren Zellenmembran bestehen. Die geringere Wahrscheinlichkeit spricht aber für die Pasteur'sche Lehre von der Sauerstoffentziehung in Folge des Lebens ohne Luft und für die Erzeugung elektrischer Ströme durch die Zellen der Hefe nach Fleck.

Von der ursprünglichen Fassung der vitalistischen Theorie ist also streng genommen nichts weiter übrig geblieben, als der Nachweis, dass die Kügelchen der Bierhefe lebende Organismen sind, deren Gegenwart und deren Leben für das Zustandekommen des Gärungsprocesses nothwendig ist. Man muss daher auch von vornherein mit einigem Vorbehalt an die Verallgemeinerungen gehen, welche Pasteur aus den ursprünglich nur für die

---

[1]) Fleck: Ueber die Zersetzungen organischer Stoffe im Boden Dresdens. Vortrag, geh. im ärztl. Bezirksverein zu Dresden, am 8. Mai 1873. Im Auszuge in Schmidt's Jahrbüchern, 1873, Bd. 159, S. 192.



Alkoholgärung gewonnenen Erfahrungen für alle anderen Gärungsvorgänge zog.

Wir hatten früher bereits bemerkt, dass die Consequenzen dieser Verallgemeinerung die beiden Hauptsätze der vitalistischen Lehre waren: 1) Keine Gärung ohne Organismen und 2) Jede Gärung durch bestimmte Organismen. Die Argumente für diese beiden Sätze lagen grösstentheils in den für die geistige Gärung durch Pasteur ermittelten Thatsachen und in dem meist oberflächlichen microscopischen Nachweise, dass auch bei anderen Gärungen in der Regel niedere Organismen von characteristischen Formen sich entwickeln. Diese Argumente haben sich jedoch durch die weiteren Untersuchungen keineswegs als stichhaltig erwiesen.

Schon von der Alkoholgärung wissen wir jetzt, dass sie kein dem Mycoderma cerevisiae ausschliesslich zukommender Vorgang ist, sondern dass auch andere Stoffe den alkoholischen Zerfall des Zuckers anzuregen vermögen.

Die Alkoholgärung in reifen Früchten (Bérard, Lechartier, Bellamy) ohne die Intervention von Hefezellen wurde bereits erwähnt. Pasteur vindicirt allerdings für diese Fälle die Rolle der Hefezellen den lebenden Zellen der reifen Frucht; aber die Berechtigung einer solchen Annahme ist bisher noch durch Nichts erwiesen. — Liebig[1]) brachte durch eine Reihe faulender Substanzen, Muskelfleisch, Urin, Hausenblase, Osmazom, Eiweiss, Käse, Gliadin, Kleber, Legumin, Blut, in Zuckerwasser „die Fäulniss des Zuckers (Gärung)“ hervor; „ja die Bierhefe selbst, welche durch anhaltendes Auswaschen ihre Fähigkeit, Gärung zu erregen, verloren hatte, erlangt sie (nach Liebig's Versuchen) wieder, wenn sie an einem warmen Orte sich selbst überlassen, in Fäulniss übergegangen ist“. Allerdings kann ich diese Beobachtung nur mit der Reserve anführen, dass eine intercurrente Einsaat von Hefezellen aus der Luft oder eine gärungserregende Wirkung von Fäulnisserregern (Schizomyceten) in den Versuchen nicht ausgeschlossen ist. Ebenso fand Berthelot[2]) im Jahre 1856, dass Glycerin, mit

---

[1]) Liebig: Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. Braunschweig, 1846, S. 406.

[2]) Berthelot: Annales de Chimie et Physique (3. Reihe), Bd. 50, p. 320. Harz, a. a. O. S. 54.

Wasser, Kreide und Käse oder einem ähnlichen Körper zusammengebracht, bei einer Temperatur von 40° C. eine langsam verlaufende, Monate währende Gärung erleidet, bei welcher Aethylalkohol gebildet wird. Auch hier ist wahrscheinlich die gärungserregende Wirkung zurückzuführen auf die Entwickelung von Schizomyceten unter dem Einfluss des faulenden Käses.

Einer der gewöhnlichsten Schimmelpilze, der auf Stallmist vegetirende Mucor Mucedo und M. raremosus, erregt, nach einer interessanten Entdeckung von Bail[1]), in zuckerreichen Flüssigkeiten ebenfalls die alkoholische Gärung. Bail deutete diese Erscheinung so, dass der Schimmelpilz bei der Vegetation in Zuckerlösung sich in den Alkoholgärungspilz (Mycoderma cerev.) metamorphosire. Er fand nämlich bei der botanischen Untersuchung der Gärungsflüssigkeit Pilzzellen, welche denjenigen in der Bierhefe in der That sehr ähnlich sahen. Allein spätere genaue Untersuchungen von Rees[2]) und Fitz[3]) haben ergeben, dass es sich hier nur um hefeähnliche Bildungen handelt, welche durch einen eigenthümlichen Entwickelungsprocess aus der Schimmelvegetation hervorgehen. Säet man nämlich Mucor-Sporangien auf eine nährstoffreiche zuckerhaltige Flüssigkeit aus, so entwickelt sich bei Gegenwart von Luft in der gewöhnlichen Weise ein üppiges Mycelium, mit verästelten, unseptirten Hyphen; die Pflanze absorbirt dabei, wie andere Pilze, O und athmet dafür CO_2 wieder aus. Ist nun der Sauerstoff verbraucht, oder wird das auf der Oberfläche wuchernde Mycelium untergetaucht, so zerfallen die Hyphen durch Bildung von Querwänden in kurze oder rundlich längliche Abschnitte, welche sich gleich der Hefe sprossenartig weiter vermehren und eine eigenartige, kernlose, grosszellige Hefe bilden, die man mit dem Namen der „Mucor-Hefe“ oder Kugelhefe (de Bary) belegt hat. Spontan sieht man diesen Entwickelungsgang des Pilzes bisweilen auf der Milch.

Diese Kugelhefe kann sich nun als solche unbegrenzt fortpflanzen und vermag dabei, wie die Bierhefe, Zucker in Alkohol und Kohlensäure zu zerlegen. A. Fitz, welcher zuerst bei Culturen

---

[1]) Bail: Flora 1857, No. 27 u. 28; und Journal f. prakt. Chemie, Bd. 101, S. 47.

[2]) Rees: Botan. Untersuch. über die Alkoholgärungspilze. Leipzig, 1870.

[3]) Fitz: Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin, 1873, Bd. 6, S. 48, und 1876, S. 1354.

von Mucor racemosus die Alkoholbildung genauer verfolgt hat, fand, dass die Menge des nach beendeter Gärung gebildeten Alkohols ca. 3,5—4 Gewichtsprocente betrug. Er benutzte für diese Versuche eine künstliche Nährlösung von 125 Wasser, 8 Rohrzucker, 0,5 Salpeter, 0,2 Kali phosphoricum und 0,1 schwefelsaurer Magnesia. Merkwürdigerweise findet hierbei gleichfalls eine Inversion des Rohrzuckers in Trauben- und Fruchtzucker statt. Wegen grosser Empfindlichkeit der Mucorhefe gegen Alkohol steht die Gärung still, sobald die Alkoholmenge eine bestimmte Grenze übersteigt; aus diesem Grunde darf auch der Zuckergehalt der Nährflüssigkeiten nicht mehr als 7 pCt. betragen, da sonst die Gärung nicht vollständig bis zu Ende durchgeführt wird. Für die Gärung im Traubensaft eignet sich daher die Mucorhefe für gewöhnlich nicht.

Diese Angaben sind später von Pasteur[1]) und Brefeld[2]) sowohl für den Mucor racemosus, als auch für den Mucor mucedo bestätigt worden. Pasteur erhielt bei Culturen von Mucor racem. in zuckerhaltigen Nährflüssigkeiten nach 2—2½ Jahren gleichfalls nur 3,3—3,4 pCt. Alkohol, während Brefeld durch denselben Pilz bei 15° C. schon nach 1½—2 Monaten einen Alkoholgehalt von 4,5 pCt. und bei Anwendung höherer Temperaturen sogar von 5,5 pCt. erzielen konnte. Bei der Anwendung von Mucor mucedo dagegen erhielt Pasteur nach 14 Monaten nur 1,8 Gewichtsprocent und Brefeld 2,6 pCt. Alkohol; auch in den Versuchen von Fitz fiel der Alkoholgehalt bei letzterem Pilz geringer aus als bei dem ersteren. Es scheint demnach Mucor racem. kräftigere gärungserregende Eigenschaften zu besitzen als Mucor mucedo.

Auch noch in anderer Beziehung verhält sich die Kugelhefe des Mucor racem. der Bierhefe analog. So werden beispielsweise Rohrzuckerlösungen durch diesen Pilz ganz ebenso wie durch Mycoderma verevisiae zunächst zu Glycose invertirt und dann rasch in alkoholische Gärung versetzt. Dagegen verhält er sich Milchzuckerlösungen gegenüber ziemlich indifferent; zwar entwickelt sich der Pilz, wie Fitz fand, bei Gegenwart der nöthigen Nährsalze und bei Zutritt von Sauerstoff in solchen Lösungen reichlich; aber es findet weder eine Inversion des Milchzuckers, noch eine Vergärung

---

1) L. Pasteur: Etudes sur la bière. Paris, 1876, p. 133, 134 u. 138.

2) O. Brefeld: Untersuchungen über die Alkoholgärung. Theil 2. Verhandlgn. d. Würzb. physik-medic. Gesellsch., 1874, Bd. 6; und Landwirthsch. Jahrb., 1876, Heft 2, S. 305 u. 314.

desselben zu Alkohol statt. Wurde der Milchzucker dagegen zuvor mit verdünnter Schwefelsäure invertirt und letztere durch kohlensauren Kalk neutralisirt, so trat auch hier die Alkoholgärung in ganz normaler Weise ein. Von 16 Gramm invertirten Milchzuckers (in 300 Ccm. Flüssigkeit) waren nach 4 Wochen 11 Gramm vergoren und daraus 5,5 Gramm Alkohol gebildet.

Auch von der Bierhefe hat Pasteur[1]) neuerdings durch Versuche gezeigt, dass dieselbe in milchzuckerhaltigen Nährsalzlösungen zwar üppig zu vegetiren vermag, aber keine Gärung erregt. Dagegen erfolgte die geistige Gärung in solchen Lösungen sehr schnell, wenn der Milchzucker zuvor durch Kochen mit verdünnter Schwefelsäure in Galactose umgewandelt worden war.

Auch von dem Penicillium glaucum, dem verbreitetsten aller Schimmelpilze („Allerweltsschimmel“ nach H. E. Richter), hatte Trécul behauptet, dass er die Alkoholgärung in zuckerhaltigen Flüssigkeiten zu erregen vermöge. Er hatte Penicilliumsporen von einer verschimmelten Citrone auf abgekochte Bierwürze ausgesät und nach einigen Tagen Alkoholgärung unter Entwickelung von Hefe eintreten sehen; hieraus zog Trécul den Schluss, dass Penicilliumsporen in Bierhefe sich umwandeln könnten, welche letztere dann gärungserregend wirkt. Pasteur wies jedoch den Irrthum überzeugend nach, indem er zeigte, dass, wenn man reine Schimmelsporen mit der nöthigen Vorsicht auf gärungsfähige Flüssigkeiten aussät, niemals eine Umbildung derselben in Hefe und niemals eine alkoholische Gärung eintritt[2]).

Dagegen ist es von den Schizomyceten der Fäulniss durch neuere Versuche von Fitz[3]) in hohem Grade wahrscheinlich gemacht, dass sie unter Umständen Alkohol in zuckerhaltigen Flüssigkeiten zu bilden vermögen. Bei Culturen von Spaltpilzen in einer Nährsalzlösung, welche ausser phosphorsaurem Kali, schwefelsaurer Magnesia und kohlensaurem Kalk als Stickstoff- und Kohlenstoffquelle 0,1 pCt. Pepsin und 5 pCt. Glycerin enthielten, hatten sich nach 10 Tagen bei einer Bruttemperatur von 40° C. CO_2, H, Buttersäure und einige andere Fettsäuren, ferner beträchtliche Mengen (ca. 13,3 pCt.) von Normal-Butyl-Alkohol und Aethyl-

[1]) L. Pasteur: Etudes sur la bière. Paris, 1876, p. 257 u. 258.

[2]) Bulletin de l'Académie de Médicine. Paris, 1875, No. 7, p. 195.

[3]) Fitz: Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin, 1876, S. 1348.

Alkohol gebildet. Spätere Versuche machten es wahrscheinlich, dass die beiden bei der Gärung des Glycerins auftretenden Alkohole nicht von einer, sondern von zwei physiologisch verschiedenen Species von Schizomyceten erzeugt werden[1]), von denen der eine nur Butylalkohol, der andere nur Aethylalkohol producirt. — Auch in Mannitlösungen[2]) gedeihen die Spaltpilze vortrefflich, unter Bildung von reichlichem Alkohol; in Lösungen von Stärke und Dextrin dagegen geht die Umbildung nur langsam von Statten.

Es ist durch diese Versuche in hohem Grade wahrscheinlich gemacht, dass die bei manchen Gärungen mehr oder weniger reichlich auftretenden Fuselöle (höhere Alkohole), z. B. bei der Darstellung des Kartoffelbranntweines, hauptsächlich von einer durch Schizomyceten bewirkten Nebengärung herrühren. Sicher constatirt ist wenigstens, dass Schizomyceten bei der geistigen Gärung der Kartoffelstärke und auch bei einigen anderen Gärungen in ziemlich reichlicher Menge auftreten. —

Wir sehen also, dass eine ganze Reihe niederer pflanzlicher Organismen, insbesondere aus der Familie der Schimmelpilze, die angeblich specifischen Eigenschaften der Hefezelle theilt.

Dasselbe lässt sich nun auch für andere Gärungen constatiren. Dieselben stäbchenförmigen Vibrionen, welche nach Pasteur, wie wir bereits früher erwähnt, die specifischen Erreger der Zersetzung der Eiweisskörper sind, bewirken nach demselben Autor auch die Umwandlung der Milchsäure in Buttersäure. R. Lex[3]) sah durch künstliche Bacterienculturen Stärkekleister in Traubenzucker sich umwandeln, einen Vorgang, welchen wir als die Wirkung einer Reihe unorganisirter Fermente und Stoffe, des Ptyalins, Pancreatins, der Diastase und der verdünnten Schwefelsäure kennen. Ferd. Cohn[4]) versetzte durch Bacterien, theils zu langen Ketten an einander gereiht (Streptococcus), theils zu schleimigen Häuten verbunden (Gliacoccus), verdünnten Alkohol in Essigsäuregärung und verwandelte ferner durch stäbchenförmige Fäulnissbacterien Milchzucker in Milchsäure und Gerbsäure in Gallussäure. Milchsäure-

[1]) Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin, 1877, S. 276.

[2]) Ibidem, S. 280—283.

[3]) R. Lex: Ueber Fermentwirkungen der Bacterien. Centralbl. f. d. med. Wissenschaften, 1872, S. 291.

[4]) F. Cohn: Untersuchungen über die Bacterien. Beiträge zur Biologie der Pflanzen. Breslau, 1872, Heft 2, S. 127—221.

gärung wird ferner nach verschiedenen Beobachtern auch durch den Soorpilz (Oidium albicans), den Parasiten der Mundschleimhaut, und endlich nach einer Beobachtung von Hallier[1]) auch durch den gemeinsten aller Schimmelpilze, das Penicillium glaucum, bewirkt.

Nach Mosler's[2]) und Anderer interessanten Versuchen sind verschiedene Schimmelpilze, welche von aussen durch die Poren der Eischale in das Innere dringen, die häufige Ursache der thierischen Fäulniss der Hühnereier, welche nach Pasteur bekanntlich nur durch Vibrionen zu Stande kommen soll. Dieselben Hefezellen endlich, welche die alkoholische Gärung des Zuckers erregen, sollen nach einigen Beobachtern auch die Bildung von Milch- und Essigsäure bewirken, welche beiden Stoffe häufig in geringer Menge neben dem Alkohol in gärenden Flüssigkeiten sich finden; diese Angabe ist jedoch wenig zuverlässig, einmal, da Pasteur die Bildung von Milch- und Essigsäure bei normaler Alkoholgärung bestritten hat, und zweitens, weil die Mitbetheiligung anderer Fermentorganismen, z. B. der Bacterien, hierbei nicht ausgeschlossen ist.

Man sieht also, dass dieselben Gärungen durch ganz verschiedenartige Organismen erregt werden können, ja dass sogar einzelne Organismen, z. B. die Schizomyceten (Bacterien), in verschiedenen Medien ganz verschiedenartige Umsetzungen hervorrufen. Jedenfalls ist der erste Grundsatz der vitalistischen Lehre, dass jede Gärung durch einen specifischen Pilz erregt werde, wenn auch für gewöhnlich richtig, so doch zahlreicher Ausnahmen fähig. —

Ebenso bedarf auch der zweite Satz: „Keine Gärung ohne Organismen", wiewohl für gewöhnlich die Richtigkeit desselben zugestanden werden muss, ohne Zweifel gewisser Einschränkungen. Ich bezeichnete diesen Satz als den Cardinalpunkt der vitalistischen Theorie, weil selbstverständlich als die erste Grundlage derselben der optische Nachweis lebender Organismen erforderlich ist, und weil für den Fall, dass eine Betheiligung von Organismen nicht nachzuweisen ist, natürlich auch die vitalistische Erklärung dieses Gärungsvorganges keine Anwendung finden kann.

---

[1]) E. Hallier: Gärungserscheinungen. Untersuchungen über Gärung, Fäulniss und Verwesung. Leipzig, 1867, S. 26.

[2]) Fr. Mosler: Mycologische Studien am Hühnerei. Virchow's Archiv, Bd. 29, S. 510.

Aus diesem Grunde besitzen auch alle gegentheiligen Beobachtungen einige theoretische Wichtigkeit.

Als eine ohne Organismen bewirkte geistige Gärung des Zuckers ist höchst wahrscheinlich die schon mehrfach erwähnte Alkoholgärung in reifen Früchten (Bérard, Lechartier und Bellamy) aufzufassen; wenigstens ist für diesen Umsetzungsprocess weder die Betheiligung von Hefezellen, noch die active Betheiligung der Cellulosezellen der Frucht, trotz der gegentheiligen Behauptung Pasteur's, bis jetzt nachgewiesen.

Eine analoge Beobachtung wurde von Schützenberger[1]) gemacht. Er fand, dass, wenn man den Stengel von Elodea canadensis, einer Wasserpflanze, in Zuckerwasser taucht, unter Entwickelung von H und CO_2 Buttersäure sich bildet, ohne die Gegenwart von Vibrionen. Aller Wahrscheinlichkeit nach sind es auch hier im Pflanzengewebe enthaltene ungeformte Fermente, welche die Umbildung des Zuckers zur Buttersäure bewirken. Pasteur läugnet allerdings diese Erklärung und behauptet, Vibrionen auf der Oberfläche der Pflanze gefunden zu haben, was jedoch bisher nicht bestätigt worden ist.

Die gleiche Zersetzung des Zuckers hatten Pelouze und Gélis früher constatirt, wenn sie die Zuckerlösung, anstatt mit Hefe, mit faulendem weissen Käse in Berührung brachten. Diese Beobachtung ist später vielfach wiederholt und bestätigt worden. Hier mag jedoch die Wirkung niederster Fäulnissorganismen (Bacterien, Vibrionen) nicht ausgeschlossen sein.

Die Essiggärung des Alkohols ferner kann nach v. Liebig durch beliebige Stoffe erzeugt werden, welche die Fähigkeit haben, O leicht anzuziehen und auf andere Körper zu übertragen, z. B. Platinschwamm, faulende Stoffe (Saussure) u. A. Bei der Essigfabrikation ist es das faulende Holz, welches den Alkohol bei Gegenwart von reichlicher Luft zu Essigsäure oxydirt; „ein solcher Holzspahn, welcher in einer Essigfabrik durch 25 Jahre dazu gedient hat, zeigt (nach Liebig) keine Spur von Mycoderma aceti.“

Noch schlagendere Beobachtungen besitzen wir für die Milch-

---

[1]) Schützenberger: Sur la fermentation butyrique provoquée par les végétaux aquatiques immergés dans l'eau sucrée. Compt. rend. Bd. 80, p. 497.

säuregärung. Schon Schröder und von Dusch[1]) hatten gefunden, dass das Sauerwerden in frisch abgekochter Milch dennoch eintrat, auch wenn der Zutritt von atmosphärischen Keimen durch die Filtration der Luft oder durch Glühen verhindert wurde. Erst lange forgesetztes Kochen bei 100° C. oder die Anwendung höherer Wärmegrade bei einem Drucke von 2 Atmosphären erwies sich ausreichend, um die Milch dauernd zu conserviren. Aehnliche Resultate hatten Schröder und Gmelin[2]) bereits im Jahre 1846 mit Milch erhalten, welche in völlig abgeschlossener, vorher erhitzter Luft aufbewahrt war. Schröder und von Dusch schlossen aus diesen Versuchen, dass die Milch höchst wahrscheinlich das Ferment für die saure Gärung bereits enthalte. — Zu einem ganz ähnlichen Resultate gelangte vor Kurzem Hoppe-Seyler.[3]) Er hatte Milch und andere gärungs- und fäulnissfähige Substanzen unter Cautelen in Glasröhren aufgesammelt und eingeschmolzen; solche Milch wurde in mehrfach wiederholten Versuchen, obwohl sie gar nicht mit Luft in Berührung gekommen war, doch sauer und gerann. Hoppe-Seyler nimmt daher gleichfalls an, dass das Ferment für diese Gärung schon in der Milch enthalten sein müsse und wahrscheinlich bei der Lactation gebildet werde. — Zu dem gleichen Schlusse gelangten in ihren Versuchen auch Kühne[4]) und Billroth[5]). Letzterer insbesondere fand, dass die Vegetation von Milchsäurebacterien beim Sauerwerden der Milch sowohl fehlen, als auch lange Zeit vorausgehen kann.

Die Zahl dieser Beispiele würde sich noch um ein Erhebliches vermehren lassen, wenn man gewisse andere gärungsähnliche Umsetzungen, z. B. die Umwandlung der Stärke in Dextrin und Traubenzucker, die Inversion des Rohrzuckers in Trauben- und Fruchtzucker, die Spaltung der Fette in Fettsäuren und Glycerin, das Ranzigwerden der Fette und fetten Oele u. s. w., wie ja auch Manche thun, den Gärungen zurechnet. Alle diese Processe sind

---

[1]) Schröder und Th. v. Dusch: Ueber Filtration der Luft, in Beziehung auf Fäulniss und Gärung. Annalen der Chemie und Pharmacie, 1854, Bd. 89, S. 240.

[2]) L. Gmelin: Handbuch der Chemie. 4. Aufl. Bd. 4, S. 93.

[3]) F. Hoppe-Seyler: Ueber Fäulnissprocesse und Desinfection. Medic.-chem. Untersuchungen. Berlin, 1866—1871, Heft 4, S. 563.

[4]) Kühne: Lehrbuch der physiologischen Chemie. Leipzig, 1868, S. 571.

[5]) Th. Billroth: Untersuchungen über die Vegetationenformen von Coccobacteria septica etc. Berlin, G. Reimer, 1874. S. 73.

Umsetzungen, welche erfahrungsgemäss ohne Organismen zu Stande kommen können. Ein principieller chemischer Unterschied zwischen ihnen und den Gärungen besteht in der That nicht. Das Einzige, was sie morphologisch von einander unterscheidet, ist eben der Umstand, dass diese häufig, jene dagegen fast niemals von der Vegetation niederer Geschöpfe begleitet werden. Ob dieser Unterschied aber ein wesentlicher ist, hängt von der Entscheidung der weiteren Frage ab, ob die Vegetation dieser Geschöpfe für die chemischen Umwandlungen sich als nothwendig erweist.

Pasteur will allerdings auf alle diese Processe den Namen „Gärung" nicht angewendet wissen, eben weil sie ohne Organismen verlaufen. „Il n'y a jamais fermentation proprement dite, sans qu'il y ait simultanément organisation, multiplication de globules, de cellules, ou vie poursuivie, continuée de globules déja formés." — Weil also nach der subjectiven Meinung Pasteur's Gärung nur durch die Thätigkeit von Organismen bedingt ist, darum soll eine Gärung ohne Organismen überhaupt nicht möglich sein? Oder mit anderen Worten: Die Gärungen sind stets von dem Leben niederer Organismen begleitet, weil Pasteur eben nur solche Processe, welche mit Entwickelung von Organismen verlaufen, als Gärungen anerkennt! Das Unhaltbare dieses Einwandes dürfte unschwer einzusehen sein. —

Ohne Zweifel bedarf also die vitalistische Theorie der Gärungsprocesse nach allen vorliegenden Erfahrungen gewisser Einschränkungen. Wenn wir von der Alkoholgärung, für welche die Abhängigkeit von dem Leben und der Vermehrung bestimmt nachgewiesen ist, hier absehen, so bleibt doch für alle anderen Gärungen, in welchen gleichfalls die Coincidenz der Entwickelung niederster Organismen sich herausgestellt hat, die Frage meines Erachtens noch eine vollkommen offene, ob der Process der Zersetzung durch das Leben dieser niederen Geschöpfe bedingt ist, oder ob umgekehrt die Vegetation dieser niederen Gebilde durch die Zersetzung bedingt ist.

Wir kennen eine grosse Reihe von Wesen, welche hinsichtlich ihrer Vegetationsbedingungen auf sich zersetzende organische Substanzen angewiesen sind, z. B. die zahllosen Algenarten in stagnirenden Sümpfen, die Schimmelpilze auf moderndem Holz oder moderndem Obst und die Infusorien in faulenden Flüssigkeiten. Wir hatten auch bereits in einem früheren Capitel auf gewisse

physikalische Verhältnisse in gärenden und faulenden Stoffen hingewiesen, insbesondere auf die bei diesen Spaltungsprocessen frei werdende Wärme, welche das Leben und die Entwickelung der niedersten chlorophylllosen Vegetation ausserordentlich begünstigt. Die Möglichkeit, dass die Entwickelung kleinster Geschöpfe bei verschiedenen Gärungen nur eine accidentelle, durch den Zersetzungsprocess im Wesentlichen bedingte ist, wird man nach diesen Erfahrungen jedenfalls nicht von der Hand weisen können.

Hoppe-Seyler hält es für erwiesen, dass alle die niederen pflanzlichen Organismen, welche aus den Zersetzungsvorgängen physikalisch und chemisch Nutzen ziehen, in einem ganz bestimmten Abhängigkeitsverhältniss zu diesen Processen stehen. Er spricht diese seine Ansicht in präciser Form folgendermassen aus: „Die Gärungen sind möglich ohne Organismen, aber nicht bestimmte Organismen mit einem bestimmten Leben ohne bestimmte Gärungen."

Wenn man unter „Vitalismus" blos die Abhängigkeit versteht, in welcher sich ein chemischer Vorgang von dem Leben eines organisirten Geschöpfes befindet, so ist diese Abhängigkeit für den Alkoholgärungsprocess allerdings erwiesen und für eine Reihe anderer fermentativer Umsetzungen, z. B. die Butter- und Milchsäuregärung, zum mindesten wahrscheinlich. In diesem Sinne würden streng genommen alle Fermentationsprocesse im lebenden Thier- und Pflanzenkörper als „vitalistische" zu bezeichnen sein; denn auch zu ihrer Entstehung ist das Vorhandensein und das Leben organisirter Zellen nothwendig, welche die hierzu erforderlichen Fermente erzeugen. Aber wenn der „Vitalismus" einen Vorgang bedeutet, in welchem der gärungsfährige Körper zum gärungserregenden Organismus sich als Nährstoff und die Gärungsproducte sich als Stoffwechselproducte desselben verhalten, so ist, wie wir sahen, ein solcher Vorgang für die Alkoholgärung nunmehr ganz bestimmt ausgeschlossen und auch für andere Gärungen nicht gerade wahrscheinlich.

Ziehen wir zum Schlusse das Facit der über die Alkoholgärung als den in jeder Hinsicht am besten studirten Vorgang gewonnenen Erfahrungen, so können wir Folgendes als feststehend betrachten:

1) Die Alkoholgärung (im engeren Sinne) findet nur bei der Gegenwart und der Berührung von Hefezellen statt; sie

beginnt mit der Entwickelung derselben, sie hört auf mit dem Tode derselben (Th. Schwann).

2) Die Alkoholgärung stellt jedoch keinen einfachen Vegetations- und Ernährungsprocess dieses Pilzes dar, d. h. sie schreitet nicht in demselben Maasse fort, als die Zellen in der Gärungsflüssigkeit sich entwickeln, sondern kann unter Umständen gerade das entgegengesetzte Verhältniss zeigen, nämlich viel Hefe bilden — wenig Zucker zerlegen, wenig Hefe bilden — viel Zucker zerlegen (Pasteur).

3) Die Alkoholgärung muss vielmehr aufgefasst werden als die Folge eines unvollkommenen Lebens (Necrobiose, Karsten), welches eintritt, wenn die Hefezellen dem Sauerstoffeinflusse entzogen sind (Pasteur, Brefeld).

4) Der Hefepilz kann nur bei Gegenwart freien Sauerstoffs wachsen und sich vermehren (Traube, A. Mayer), dagegen nur bei Mangel freien Sauerstoffs die Gärung des Zuckers erregen (Pasteur, Brefeld).

5) Die Alkoholgärung ist kein dem Hefepilz (Saccharomyces, Cryptococcus, Mycoderma) ausschliesslich zukommender fermentativer Process, sondern kann auch noch durch andere pflanzliche Organismen bewirkt werden, insbesondere durch einige Schimmelarten (Mucor mucedo und Mucor racemosus) und durch die Schizomyceten der Fäulniss.

Achtes Capitel.

Die Verbreitung der Fäulnissfermente in Luft, Wasser und einigen anderen Medien.

Luft und Wasser als Erreger der Fäulniss. A. 1) Zusammensetzung des Wassers. Terrestrische Wassersorten. Organische Stoffe in denselben. Verunreinigungen. Schizomyceten im Wasser; ihr Nachweis im destillirten Wasser (Rindfleisch). — 2) Zusammensetzung der Luft. Der atmosphärische Staub. Bestandtheile und Herkunft desselben. Blüthenstaub und Gewerbestaub. Tyndall's Versuche. Keime in der Luft. Die Generatio aequivoca und ihre Widerlegung. Die Versuche mit gereinigter (Fr. Schulze), geglühter (Schwann) und filtrirter Luft (Schröder und v. Dusch). Begründung der Lehre von der Panspermie. Spätere Versuche. Die Microscopie des Staubes (Ehrenberg). Die Aëroscopie (Pouchet); Methoden derselben. — — B. 1) Die fäulnisserregende Wirkung des Wassers. Wirkung der Verdünnung. Versuche an Hühnereiern. Vortheile der Eier; spontane Eifäulniss. Methode. Injectionen von gekochtem und ungekochtem a) destillirten Wasser, b) Fluss-(Leitungs-)Wasser, c) Brunnenwasser. Resultate. Wirkung filtrirten und diffundirten Wassers. Schlussfolgerungen. — 2) Fäulnisserregender Einfluss der Luft. Die Gase der Luft (Paschutin). Wirkung des Staubes. Fäulnissversuche mit geglühter und filtrirter Luft (Schwann, Schröder, v. Dusch). Begründung der Lehre von den atmosphärischen Fermenten. Spätere Versuche (Pasteur). — Nutzanwendung der Resultate. Die Antisepsis und antiseptische Wundbehandlung. Die offene Wundbehandlung. Scheinbarer Mangel der Luft an Fäulnissfermenten (Sanderson, Rindfleisch, F. Cohn). Versuche an Hühnereiern: a) offen behandelt, b) Staubinjectionen, c) faulige Injectionen. Resultate. Klärung der Widersprüche. Praktische Folgerungen. — 3) Andere Medien. Fermente in thierischen Geweben (Tiegel, Paschutin). Spontane Fäulniss in Leichen. Niedere Organismen in Organen der Leiche (Billroth, Tiegel). Fermente in Milch, Fleisch, Blut und Eigelb. Fäulniss nach Infectionskrankheiten. Fermente auf festen Gegenständen. — Ursprung und Verbreitungsart der Fäulnissfermente.

Während wir für die Alkoholgärung, den Typus aller Gärungserscheinungen, gesehen hatten, dass die Ursache derselben in der concreten Form eines lebenden Organismus thatsächlich erwiesen ist und nur über die Art der Wirkung dieses fermentirenden Organismus die Meinungen der Forscher auseinandergehen, lässt sich dieser Nachweis für die Fäulniss im engeren Sinne zur Zeit noch nicht constatiren.

Es hat dies seinen Grund zum Theil in principiellen Schwierigkeiten, welche daraus erwachsen, dass es sich bei den Fäulnissprocessen nicht, wie bei den Gärungen, um einfache Umsetzungen einzelner Stoffe, sondern um complicirte, theils neben- theils nacheinander verlaufende Zersetzungen sehr verschiedenartiger Stoffe handelt, bei welchen höchst wahrscheinlich mehrere und auch sehr verschiedenartige Fermente wirksam sind. Wie die einzelnen Gärungen ihr verschiedenes und für eine jede Art der Gärung besonderes Ferment haben, ebenso wird man auch für die mannigfachen Einzelprocesse, welche die Fäulniss thierischer Gewebe zusammensetzen, sehr verschiedenartig wirkende Agentien annehmen müssen. Es ist nicht denkbar, dass die Oxydationen, Hydrationen Reductionen und andere unter einander grundverschiedene Processe durch ein und dasselbe Ferment sollten hervorgerufen werden.

Alle Zeit aber leitete die Forscher das Bestreben, auch für die thierische Fäulniss ein bestimmtes, der Alkoholgärungshefe analoges Ferment aufzufinden. Da es indess an einheitlichen Untersuchungsmethoden, insbesondere an einheitlichen Untersuchungs-Objecten fehlte, so gelangte man dabei sehr bald zu abweichenden und widersprechenden Resultaten. Ehe wir auf diese Widersprüche und die daraus im Laufe der Zeit sich zuspitzenden Streitfragen näher eingehen, wollen wir zunächst die Fermente in ihren allgemeinen Beziehungen zur Fäulniss, insbesondere hinsichtlich ihres Vorkommens in der Natur und ihrer Verbreitungsweise in derselben einer Betrachtung unterziehen.

Als Ursachen der Fäulniss im weitesten Sinne werden gewöhnlich alle diejenigen Momente bezeichnet, welche den Eintritt der Fäulniss begünstigen und ohne welche faulige Zersetzung überhaupt nicht zu Stande kommt. Dies ist jedoch nicht vollkommen zutreffend; man muss hier nothwendig unterscheiden zwischen den Bedingungen der Fäulniss und der eigentlichen Ursache derselben.

Die Bedingungen sind zwar für das Zustandekommen des Zersetzungsprocesses nothwendig, aber sie rufen für sich allein, wie früher gezeigt worden, noch keine Fäulniss hervor. Eine organische Substanz, welche im physiologischen Sinne todt, welche chemisch zersetzungsfähig und von Wasser, Wärme, Luft und einem ruhigen Medium umgeben ist, befindet sich unter allen Verhältnissen, welche dem Eintritt der Decomposition günstig sind.

Aber die Fäulniss unterbleibt trotzdem, wenn nicht ein besonderes Agens zu der Substanz Zutritt hat, welches man als die Ursache oder das Ferment der Fäulniss zu bezeichnen pflegt.

Allerdings sehen wir nun einen todten thierischen Stoff, bei welchem diese Bedingungen erfüllt sind, in der Regel von selbst in Fäulniss übergehen, ohne dass eine besondere Substanz, wie die Hefe oder der Sauerteig, Zutritt hat oder hinzugefügt zu werden braucht. Eine genauere Prüfung der hierbei in Betracht kommenden Bedingungen ergiebt aber, dass das Wasser und die Luft keine so einfachen, blos physikalisch und chemisch wirkenden Stoffe sind, als sie uns für gewöhnlich erscheinen, sondern Lösungen und Gemische sehr verschiedenartiger Stoffe, unter welchen die Fermente für die Fäulniss in der Regel schon enthalten sind.

Das Wasser tritt fast niemals in der Natur als chemisch reine Verbindung auf, sondern enthält ausnahmslos eine mehr oder minder grosse Zahl von Stoffen in sich gelöst oder suspendirt. Selbst das atmosphärische Wasser, welches gewissermassen das Destillat der irdischen Gewässer darstellt und als Thau oder Regen wieder zur Erde niederfällt, ist nicht chemisch rein, sondern enthält stets Bestandtheile der Luft, ausser Stickstoff und Sauerstoff insbesondere Kohlensäure, salpetrige Säure und Ammoniak, und namentlich Bestandtheile des atmosphärischen Staubes, z. B. die Keime niederster Organismen, theils aufgelöst, theils suspendirt.

Am reichlichsten aber sind alle diese Ingredientien des Wassers in dem terrestrischen Wasser enthalten, welches verschiedene Erdformationen und Bodenarten durchströmt und dabei allerlei mineralische und organische Stoffe aufnimmt. Die chemische Zusammensetzung eines irdischen Wassers trägt daher an den einzelnen Orten der Erdoberfläche immer ein sehr verschiedenes, wenn auch für die Oertlichkeit in der Regel charakteristisches Gepräge und lässt sich nicht selten als das getreue Abbild der geologischen Beschaffenheit auffassen, welche das durchströmte Erdreich besitzt. So ist das Wasser der Quellen oder Bäche im Gebirge gewöhnlich viel reicher an mineralischen und ärmer an organischen Bestandtheilen, als das Wasser des Stromes, welcher langsam die sandigen Gefilde der Ebene durchzieht; ebenso trägt das oberirdische Wasser eines Sees hinsichtlich seiner Zusammensetzung einen durchaus anderen Charakter, als dasjenige Wasser, welches die Erdschichten bewohnter Orte durchdringt und als Grundwasser in den Brunnen-

kesseln der Städte sich ansammelt. Gerade in letzterem ist die Menge der aus dem lockeren und mit Auswurfstoffen verunreinigten Erdreich aufgenommenen mineralischen und organischen Stoffe oft so beträchtlich, dass man dasselbe nicht mit Unrecht als die „Bodenlauge der Städte“ bezeichnet hat.

Unter den Bestandtheilen des terrestrischen Wassers kann man regelmässige und unregelmässige unterscheiden. Zu den ersteren gehören die Salze gewisser Alkalien und Erden, welche im Erdreich ausserordentlich verbreitet sind und daher in keinem Wasser fehlen; es sind dies insbesondere die Kalk- und Magnesiasalze, deren grössere oder geringere Anwesenheit die verschiedenen Grade der Härte des Wassers bedingt. Daneben kommen regelmässig noch andere, meist kohlensaure, schwefelsaure, phosphorsaure und Chlor-Alkalien und Erden, seltener auch Metalle, im Wasser vor. An manchen Orten sind einzelne dieser Bestandtheile, z. B. die Carbonate, Sulfate und Chloride des Natriums, in so überwiegender Menge im Wasser enthalten, dass man hier geradezu von einem „Mineralwasser“ spricht.

Ausser den genannten Stoffen enthalten aber die meisten terrestrischen Wässer als unregelmässige Bestandtheile noch gewisse andere Stoffe, welche den Gebrauch desselben als Trink- oder Nutzwasser beeinträchtigen und daher als „Verunreinigungen“ bezeichnet werden. Es sind dies grösstentheils organische Substanzen, Theile des abgestorbenen Thier- und Pflanzenkörpers und selbst kleinste lebende Organismen, welche theils aus der Luft und dem umgebenden Erdreich stammen, theils durch Communication mit benachbarten Abzugskanälen, mit Dünger- und Jauchegruben der menschlichen Wohnungen in die Flüsse, Bäche und Brunnen gelangen. In der Mehrzahl der Fälle handelt es sich hier um todte, in Zersetzung begriffene thierische und pflanzliche Stoffe, insbesondere Excremente und Abfälle der Wirthschaft (Harn, Koth, Dünger, Küchenabfälle), welche, wie früher angegeben, die häufigste Quelle der Verunreinigung des Brunnenwassers bilden. In anderen Fällen sind es nicht die faulenden Substanzen selbst, sondern nur die Producte ihrer Zersetzung, welche bei der Filtration des Wassers durch das verunreinigte Erdreich aufgelöst und mitgenommen werden; hierher gehören einige noch unbekannte (oxydirbare) organische Verbindungen, ferner Schwefelsäure, Salpetersäure, salpetrige Säure, Chlor und Ammoniak. Diese letztgenannten Stoffe haben,

abgesehen davon, dass mit ihnen auch noch andere, unbekannte, z. B. giftige Fäulnissproducte in das Brunnenwasser übergehen können, insofern für die fäulnisserregende Eigenschaft des Wassers eine gewisse Bedeutung, als sie der Entwicklung niederster pflanzlicher Organismen, insbesondere der Schizomyceten der Fäulniss, welche durch die fauligen Stoffe selbst oder durch die Luft dem Wasser zugeführt werden, einen günstigen Boden darbieten. Diese Organismen spielen, wie später gezeigt werden wird, bei den Fäulnissprocessen eine einflussreiche Rolle und werden sogar von Manchen ohne Weiteres mit den Fäulnissfermenten identificirt.

Was nun im Besonderen das Auftreten dieser Schizomyceten (Micrococcen, Bacterien) im Wasser anlangt, so haben die Erfahrungen der letzten Jahre ergeben, dass dasselbe ein ausserordentliches häufiges und verbreitetes ist. Es giebt überhaupt wohl kaum eine mit der Luft oder mit irdischen Gegenständen in Berührung befindliche Wassersorte, welche von den Keimen dieser kleinsten, überall in der Natur verbreiteten Geschöpfe frei gefunden wird. Man braucht in reinen Gefässen aufgesammeltes Regenwasser oder gewöhnliches Brunnenwasser nur einige Tage bei warmer Sommertemperatur stehen zu lassen, um alsdann die Entwickelung von Micrococcen und Bacterien, von Algen und Hefezellen, endlich sogar von Pilzen und Infusorien oft Schritt für Schritt zu verfolgen. In stagnirendem Regenwasser hatte schon Leeuwenhoek[1]) im Jahre 1675 die massenhafte Entwicklung kleinster lebender Wesen beobachtet, welche, wie er angiebt, wohl 10000 Mal kleiner waren als die kleinsten der bis dahin beobachteten Wasserinsecten. Auch zeigte Leeuwenhoek bereits, wie man die Vermehrung dieser Gebilde bis ins Ungeheuerliche steigern könne, wenn man dem Wasser gewisse ernährende Stoffe, z. B. gestossenen Pfeffer u. drgl., hinzufüge.

Aus den Erfahrungen der Experimentatoren mit Pasteur'schen Züchtungsflüssigkeiten ferner ist bekannt, dass sich die Schizomyceten in jeder frisch bereiteten und vorher nicht gekochten Nährsalzlösung ohne jegliche Einsaat schon nach wenigen Tagen in ausserordentlicher Menge entwickeln, wenn diese Lösungen mit gewöhnlichem destillirten Wasser, Regenwasser oder Brunnenwasser bereitet wurden (Sanderson, F. Cohn, Rindfleisch, Billroth,

---

[1]) A. v. Leeuwenhoek: Arcana naturae detecta. Delphis Bat., 1695.



M. Wolff u. a.). Während gekochte Nährsalzlösungen, selbst offen der Luft ausgesetzt, Wochen lang klar bleiben, zeigen ungekochte Nährflüssigkeiten bei günstiger Temperatur schon nach 24—48 Stunden eine deutlich sichtbare Bacterientrübung, welche innerhalb weniger Tage bis zur Bildung dichter grauweisser Wolken fortschreitet. Ganz ebenso haben auch directe Culturversuche mit gekochtem und ungekochtem Brunnenwasser, welche zu bacterienfreien Nährsalzlösungen hinzugefügt wurden, wie ich selbst in einer grösseren Reihe von Versuchen nachgewiesen habe, die fast regelmässige, ja man kann sagen constante Anwesenheit dieser kleinsten Organismen ergeben.

Aber nicht blos in atmosphärischen und terrestrischen Wassersorten, selbst in dem angeblich chemisch reinen destillirten Wasser, wofern dasselbe nicht ganz frisch bereitet ist, sind Schizomycetenkeime fast als regelmässige Bestandtheile nachgewiesen worden. Diese Thatsache ist sowohl durch die Erfahrungen mit frisch bereiteten Nährflüssigkeiten, als auch besonders durch die Versuche von Sanderson[1]) und Rindfleisch[2]) auf das Bestimmteste dargethan worden.

Kleine Fleischstückchen von frischgeschlachteten Meerschweinchen wurden mit geglühten Messern und Pincetten auf die Mitte eines Objectträgers gebracht, mit destillirtem Wasser benetzt, unter dem Deckgläschen eingekittet und in die Recklinghausen'sche feuchte Kammer gebracht. Nach einigen Tagen zeigten sich ausnahmslos in der Flüssigkeit kleinste Organismen (Rindfleisch). „Schon am zweiten Tage häufen sich, wenn man gewöhnliches destillirtes Wasser genommen hat, die Schizomyceten dermassen an, dass die bis dahin übersichtlichen Entwicklungsvorgänge nicht mehr verfolgt werden können. Hat man Brunnenwasser verwendet, so tritt die Schizomyceten-Ueberschwemmung noch viel früher ein". Auch das Kochen des destillirten Wassers änderte den Erfolg des Experimentes nicht[3]); dagegen entstanden selbst bei

---

[1]) Burdon-Sanderson: The origin and distribution of Microzymes (Bacteria) in water and the circumstances; which determine their existence in the tissues and liquids of the living body. — Second report etc. Appendix of the 13. report of the medical Officer of the Privy Council. Auch im Quaterly Journal of the Microscopical Society. Oct. 1871.

[2]) Rindfleisch: Untersuchungen über niedere Organismen. Virchow's Archiv, 1872, Bd. 59, p. 403.

[3]) Meine und anderer Forscher Erfahrungen sprechen dagegen; 15—20

wochenlang fortgesetzter Beobachtung keine Schizomyceten im Präparat, wenn frisch destillirtes, absolut reines Wasser zum Versuch verwendet wurde. Es kann somit nach den übereinstimmenden Erfahrungen aller betheiligten Forscher als vollkommen sicher betrachtet werden, dass jedes nicht ganz frische, aber im gewöhnlichen Sinne chemisch reine destillirte Wasser bereits entwicklungsfähige Keime niederster Fäulnissorganismen enthält.

Diese Ergebnisse stimmen mit allen übrigen Erfahrungen über die Ubiquität der Schizomyceten in der Natur vollkommen überein. Sie zeigen ferner, dass Micrococcen und Bacterien, welche wichtige Factoren des Fäulnissprocesses sind, gerade so wie die oben genannten mineralischen Stoffe, fast als ein regelmässiger Bestandtheil des im gewöhnlichen Leben verwendeten Wassers betrachtet werden können. Es ist dieser Umstand für die Frage der fäulnisserregenden Wirkung des Wassers, wie wir später sehen werden, in hohem Grade beachtenswerth. —

In mancher Beziehung ähnlich verhält sich die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft. Obwohl man hier eigentlich nur die gasigen Elemente, den Sauerstoff, Stickstoff und die Kohlensäure, als die regelmässig constituirenden Bestandtheile anzusehen pflegt, bilden doch die ungelösten, körperlichen Partikelchen, welche als Staub in der atmosphärischen Luft suspendirt sind, ein so regelmässiges Vorkommniss, dass an keinem Orte und zu keiner Zeit die Atmosphäre von ihnen frei gefunden wird.

Dieser Staub ist gewöhnlich in so fein vertheiltem Zustande in der Luft enthalten, dass man ihn für gewöhnlich mit blossem Auge gar nicht wahrnimmt; auch mit Vergrösserungsgläsern wird man meist vergeblich sich bemühen, in der Luft irgend etwas Körperliches zu entdecken. Die Luft ist eben für gewöhnlich vollkommen durchsichtig; man ist daher oft geradezu erstaunt, wenn man die Milliarden kleinster, glitzernder und oscillirender Theilchen sieht, welche die Bahn eines isolirten Sonnenstrahls in einem dunkeln Raume kennzeichnen (Sonnenstäubchen). Wir erkennen auch mit Leichtigkeit ihre Gegenwart an dem grauen, pulverigen Beschlage, welcher sich in einem Zimmer aus der Luft

---

Minuten langes Kochen hob die Entwickelungsfähigkeit der Micrococcen im destillirten Wasser ausnahmslos auf.



auf die festen Gegenstände niedersenkt und die tägliche Sorge der schaffenden Hausfrau bildet. Zu welcher Mächtigkeit diese stetig zunehmende Staubdecke im Verlaufe von Wochen und Monaten anwachsen kann, sehen wir bisweilen auf hohen, vom Kehrbesen nicht erreichbaren Schränken und Oefen, an lange unbenutzten Büchern und an den Gegenständen in einem wenig betretenen Raume.

Die Zusammensetzung und Herkunft dieses Staubes nimmt nun mit Rücksicht auf die fäulnisserregenden Eigenschaften der Luft unser ganz besonderes Interesse in Anspruch. Wenn wir die Vorgänge im alltäglichen Leben beobachten, so gewinnen wir leicht gewisse Anhaltspunkte über Natur und Entstehung dieser feinsten Partikelchen. Die Erfahrung lehrt, dass alle festen Gegenstände auf der Erdoberfläche, welche sich im Gebrauch befinden, mit der Zeit abgenutzt werden, d. h. von ihrer Oberfläche an Substanz einbüssen. Diese Abnutzung geschieht unmerklich und je nach der Festigkeit der Substanz verschieden schnell; wir sehen auch für gewöhnlich nicht, wo die abgelösten kleinsten Fragmente bleiben; aber wir können aus gewissen ähnlichen Vorgängen in der Natur den nahe liegenden Schluss ziehen, dass sie bei Weitem zum grössten Theil von der uns umgebenden atmosphärischen Luft aufgenommen werden. Wenn schon ein mässig bewegter Wind im Stande ist, auf der Landstrasse undurchsichtige Wolken des feinsten anorganischen Detritus zu entführen, welcher sich durch Reibung und Trockenheit beständig auf der steinigen Oberfläche derselben bildet (Strassenstaub), so werden auch die viel leichteren organischen Trümmer unserer Gebrauchsgegenstände von der fast stets bewegten atmosphärischen Luft offenbar mit Leichtigkeit aufgehoben. Somit entnimmt die Luft von allen festen Gegenständen, welche sie berührt oder umspült, gewissermassen ihren Tribut und trägt dem entsprechend an den verschiedenen Oertlichkeiten hinsichtlich der Zusammensetzung ihres Staubes auch einen sehr wechselvollen Charakter.

Auf der Landstrasse, auf freiem Felde und in der sandigen Wüste überwiegen offenbar die mineralischen Bestandtheile; hier finden wir vorzugsweise Sandkörnchen, Kieselsplitter von verschiedener Form und Grösse, Kalkkörperchen und Partikelchen der verschiedensten anderen Mineralien. In der Luft bewohnter Orte dagegen mischen sich mit den anorganischen Elementen die mannigfachen Trümmer der organischen Natur. Unsere Kleidungs-

stücke tragen sich bekanntlich mit der Zeit ab; wollene, baumwollene und leinene Gewebsstoffe werden allmälig kahl und fadenscheinig; unsere Schuhsohlen laufen sich ab; hölzerne Gegenstände, wie die Utensilien der Wirthschaft, wie die Dielen der Stuben und Treppen, werden dünne und zerbrechlich; und gestrichene oder lakirte Gegenstände verlieren allmälig Farbe und Glanz. Selbst harte Gegenstände, welche dem Einflusse der Reibung am hartnäckigsten widerstehen, sind, wie wir an viel gebrauchten metallenen Instrumenten, an Messern, Gabeln und technischen Werkzeugen sehen können, demselben Gesetze der allmäligen Abnutzung unterworfen.

Aber nicht blos todte, im alltäglichen Leben des Menschen gebrauchte Gegenstände, auch die lebende Thier- und Pflanzenwelt selbst und Alles, was von derselben abfällt, fault und vertrocknet, giebt kleinste Trümmer und Molecüle an die atmosphärische Luft ab. So finden wir an bewohnten Orten neben den genannten Stoffen im Staube fast regelmässig Epidermisschüppchen, Härchen, Pflanzenzellen, Holzfasern, Stärkekörnchen und Fragmente vertrockneter thierischer und pflanzlicher Gewebe der mannigfachsten Art, meist bis zur Unkenntlichkeit verstümmelt.

In Städten mischt sich unter dieses bunte Gemisch regelmässig noch die Kohle, welche aus den Schornsteinen der Wohnhäuser und Fabriken in die Atmosphäre aufsteigt. Die Menge dieser Kohlenstoffpartikelchen im Staube ist gewöhnlich sehr beträchtlich und um so reichlicher, je volkreicher und industrieller eine Stadt ist. Wer einmal von einem erhöhten Punkte aus über das Häusermeer einer Industriestadt hinweggeschaut hat, wird sich des dichten grauschwarzen Nebels erinnern, welcher sich wie ein Alp auf die Wohnungen der gewerbfleissigen Bevölkerung lagert.

Dem Kohlenstaube der Fabriken und Industriestädte ähnlich verhalten sich die vielen specifischen Staubarten, welche das Product gewisser Gewerbe sind. Hierher gehören der Stein- und Braunkohlenstaub in den Bergwerken, der Metallstaub in Eisen- und Kupferschmieden, in Schlossereien, Schleifereien und bei verschiedenen anderen Metallarbeiten, der Steinstaub (Quarzstaub) in Steinschleifereien, in Porzellanfabriken und Töpfereien, der Tabackstaub, Baumwollenstaub, Mehlstaub, Hornstaub u. s. w. Diese Staubarten haben in neuerer Zeit besonders das Augenmerk der Hygieniker auf sich gelenkt, weil die andauernde Einathmung

derselben bei den Arbeitern der genannten Berufskategorien nicht selten zu specifischen Erkrankungen der Respirationsorgane (Staubinhalationskrankheiten) führt[1]).

Einen ganz besonderen Charakter zeigt gewöhnlich der Staub der Luft, welche über waldreichen Gegenden steht oder von Wäldern herüberweht. Neben dem Reichthum an Pflanzenzellen, Holzfasern, Rindenschüppchen und vertrockneten Humusfragmenten verschiedenster Grösse enthält hier der Staub ganz gewöhnlich auch noch Blüthenstaub, Pollenkörner und die geflügelten Samen mancher höheren Gewächse, welche durch den Luftstrom oft weithin entführt und bei der microscopischen Untersuchung des Staubes an ihren charakteristischen Formen leicht erkannt werden. So werden gar nicht selten in dem Staube der Städte die Samen und Pollen ganz entfernter Waldungen wiedergefunden[2]). Zu manchen Zeiten ist die Luft gewisser Gegenden so reichlich von dem Blüthenstaube benachbarter Waldungen erfüllt, dass er an der Farbe, am Geruch oder an den staubförmigen Niederschlägen auf den Feldern deutlich erkannt wird. „Wer zur Sommerzeit durch ein grünendes Kornfeld geht, kennt jenen duftigen Staubnebel, welcher von den jungen Aehren aufsteigt; die blühenden Nadelwälder streuen ganze Wolken gelben Blüthenstaubes aus, der — mit leichten, schwimmenden Blasen ausgerüstet, — meilenweit durch die Luft fliegt und als gelber Schwefelregen[3]) wieder niederfällt.“ (F. Cohn). —

---

[1]) Man vergleiche über diesen Gegenstand die betreffenden Lehrbücher über Gewerbehygiene, namentlich H. Eulenberg: Handbuch der Gewerbehygiene auf experimenteller Grundlage. Berlin, 1876; ferner L. Hirt: Die Krankheiten der Arbeiter (I. Th.: Die Staubinhalationskrankheiten), Breslau, 1871; und G. Merkel: Die Staubinhalationskrankheiten (v. Ziemssen's Handbuch der speciellen Pathologie, Bd. I, 2. Aufl.), 1875, S. 491.

[2]) Eine derartige Beobachtung habe ich selbst im Jahre 1876 gemacht. Ich hatte Staub in dem Militärlazareth des Alexander-Regiments zu Berlin (am Königsgraben) für experimentelle Zwecke aufgesammelt und fand darin, nach Vertheilung desselben in destillirtem Wasser, neben sehr reichlichen Kohlenpartikelchen und verschiedenartigem, nicht genauer definirbaren organischen und anorganischen Detritus, eine Anzahl charakteristisch gestalteter, unregelmässig ovaler Pflanzensamen, welche sich bei genauerer Untersuchung und Vergleichung als die Pollen von Pinus silvestris auswiesen. Es war dieser Befund insofern höchst auffallend, als der Beobachtungsort mitten im Centrum der Stadt gelegen ist, und Nadelhölzer erst in wenigstens 1—2 Stunden Entfernung von demselben sich finden. Ohne Zweifel war also dieser Pollenstaub aus beträchtlicher Ferne mit dem Winde in die Stadt hinein entführt worden.

[3]) Diese merkwürdige Erscheinung des Schwefelregens, welche in dem Niederschlage eines feinen schwefelgelben, mehlartigen Staubes aus der Luft besteht, ist namentlich von Jos. Aug. Sprengnagel genauer untersucht und auf ihre richtige Erklärung zurückgeführt worden. Er wies nach, dass es sich



Aus alledem geht hervor, dass diejenigen Ingredientien der atmosphärischen Luft, welche wir unter den Namen „Staub" zusammenfassen, das bunteste und wechselvollste Gemisch aller Art von Stoffen bilden, welche sich auf der Erdoberfläche in Berührung mit der Luft befinden. Von allem, was auf der Erdoberfläche benutzt, bewegt oder dem Einflusse der Reibung ausgesetzt wird, von allem was unter der Sonne lebt, wächst, sich erneuert, stirbt und fault, werden kleinste Fragmente und Partikelchen von dem stetig bewegten Meere der Luft losgerissen und fortgespült.

Aus diesem Umstande ergiebt sich auch die Unmöglichkeit, für den Staub der Luft eine bestimmte, allgemein gültige Charakteristik zu entwerfen. Die Zusammensetzung desselben ist sowohl an den verschiedenen Oertlichkeiten, als auch zu den verschiedenen Zeiten einem stetigen und mannigfaltigen Wechsel unterworfen. —

Es ist nicht immer leicht, zu entscheiden, ob der in der Atmosphäre einer Oertlichkeit nachweisbare Staub vorwiegend organischer oder anorganischer Natur ist. In dieser Beziehung verdanken wir dem englischen Physiker Tyndall einige wichtige experimentelle Aufschlüsse.

Tyndall[1]) hat durch eine Reihe geistreicher Experimente gezeigt, dass die Luft bewohnter Orte thatsächlich zum überwiegenden Theil organische staubförmige Partikelchen führt. Wenn man den Lichtbüschel einer elektrischen Lampe in einem dunkeln Zimmer sich ausbreiten lässt, so kann man die feinen Stäubchen der Luft in dem intensiv beleuchteten Raume mit der grössten Leichtigkeit wahrnehmen. Gerade diese feinen Staubtheilchen sind es, wie Tyndall nachwies, durch welche die von einer Lichtquelle ausgehenden Strahlen unserm Auge sichtbar werden; der Raum erscheint uns nur dadurch erleuchtet, dass diese kleinsten Partikelchen das Licht in unser Auge reflectiren. Nicht die Luft an sich

---

hierbei um den Blüthenstaub (Pollen) von Coniferen fernerer oder näherer Nadelholzwälder handelt. Föhren und Tannen streuen in den Monaten April und Mai, in höheren oder nördlicher gelegenen Gegenden auch später, ihren Blüthenstaub aus. Erheben sich zu dieser Zeit trockene, heftige Stürme, so reissen sie nicht selten die so leichten Pollen in grossen Mengen mit sich fort, tragen ihn oft meilenweit durch die Lüfte und lagern ihn endlich an Stellen ab, an denen sich ihre Kräfte brechen. (Vergl. Ausland, Jahrg. 1869, No. 28.)

[1]) J. Tyndall: On haze and dust. Nature, 1870, No. 13. Vortrag, gehalten in der Royal Institution of Great Britain am 21. Januar 1870.



reflectirt das Licht — die Luft selbst ist für uns vollkommen unsichtbar —, sondern die in der Luft enthaltenen körperlichen Stoffe. Dies konnte Tyndall noch durch andere Experimente auf das Bestimmteste nachweisen.

Liess Tyndall den elektrischen Strahl durch einen mit gewöhnlicher Luft gefüllten Cylinder fallen, welcher an beiden Enden durch Glasplatten geschlossen war, so war der Cylinder im Innern deutlich erleuchtet; liess er aber Luft in diesen Cylinder eintreten, welche vorher durch eine glühende Röhre von Platin geleitet war, so entstand in dem Cylinder Dunkelheit, weil die in der Luft enthaltenen Stäubchen verbrannt waren. Dasselbe trat ein, wenn er die Luft mittelst eines Blasebalges vorher durch Baumwolle trieb und auf diese Weise vom Staube reinigte.

Aus diesen einfachen Versuchen lässt sich weiterhin schliessen, dass die in der Luft bewohnter Orte enthaltenen kleinsten Staubtheilchen vorwiegend organischer Natur sein müssen, da sie sich durch Verbrennen zerstören und aus derselben entfernen lassen. Für die Luft Londons und Manchesters insbesondere fand Tyndall, dass der Staub derselben vollständig verbrennlich sei und keinen Rückstand hinterlasse, mithin ganz aus organischen Bestandtheilen zusammengesetzt sei[1]).

Mit diesen Versuchen ist also die experimentelle Bestätigung des optischen Nachweises gegeben, dass organische Substanzen in feinster molekulärer Form (Detritus) einen regelmässigen Bestandtheil der Luft bewohnter Orte bilden. Aber damit ist unsere Kenntniss von der Zusammensetzung des atmosphärischen Staubes noch keineswegs erschöpft.

Die wissenschaftliche Forschung der letzten Decennien hat uns mit einer Thatsache bekannt gemacht, welche nicht nur für die Frage von der fäulnisserregenden Wirkung des Staubes, sondern

[1]) Bei der microscopischen Untersuchung der Londoner Luft will der Optiker Dancer gefunden haben, dass derselbe überwiegend aus Pilzsporen bestehe, deren 250,000 auf einen Tropfen Staubwasser (Staub mit destillirtem Wasser geschüttelt) kamen (!); von anderen Bestandtheilen des Staubes wird dagegen gar nichts erwähnt. Jedenfalls hat man wohl bei allen diesen Untersuchungen übersehen, worauf auch Ehrenberg aufmerksam gemacht hat, dass bei dem Reichthum Londons und Manchesters an Schornsteinen der atmosphärische Staub dieser Städte mindestens zu einem Bruchtheile aus Kohle bestanden haben dürfte, von welcher ja bekannt ist, dass sie gleichfalls „vollständig verbrennlich" ist. Natürlich läugne ich gar nicht, dass daneben Pilzsporen und Keime anderer niederster Organismen im Staube enthalten gewesen siud, sicherlich aber auch organischer Detritus der mannigfachsten Art.



auch für die alte wissenschaftliche Streitfrage von der Herkunft kleinster lebender Wesen in stagnirenden und faulenden Flüssigkeiten von der allergrössten Bedeutung geworden ist. Es ist dies der Nachweis, dass die atmosphärische Luft constant die Keime von allerlei niedersten thierischen und pflanzlichen Wesen führt. Nicht blos die Sporen von Moosen und Farnen, von Flechten und Algen, wie die Samen und Pollen höherer Gewächse, sondern auch die Sporen von Schimmelpilzen, die Cysten der Infusorien, die Keime von Hefen und Schizomyceten tummeln sich in dem glitzernden Meer der Sonnenstäubchen.

Das Räthsel der constanten Entwickelung dieser kleinsten Geschöpfe in jedweder faulenden Substanz war durch diese Entdeckung mit einem Schlage gelöst. Schon Leeuwenhoek hatte bei seinen Beobachtungen die Vermuthung ausgesprochen, dass die zahlreichen kleinsten Wesen, welche in stehendem Regenwasser und in Aufgüssen von Pflanzenstoffen mit solcher Regelmässigkeit sich entwickeln, nicht von selbst in diesen Flüssigkeiten entstanden sein können, sondern aller Wahrscheinlichkeit nach nur aus der Luft stammen, welche die Keime derselben enthält.

Demgegenüber stand die in früheren Jahrhunderten wiederholt aufgestellte Behauptung, dass diese niedersten Thiere und Pflanzen in Folge der in faulenden Stoffen vor sich gehenden Umbildungen durch eine Art neuen Schöpfungsactes spontan entstünden (Generatio aequivoca s. spontanea). Noch im 17. und 18. Jahrhundert hat diese Lehre immer wieder ihre Anhänger gefunden[1]. Insbesondere war es der englische Physiker Need-

---

[1]) Wir reden hier natürlich nur von der Urzeugung der kleinsten microscopischen Geschöpfe. Für höher organisirte Wesen wurde die Generatio aequivoca schon im Alterthum von namhaften Forschern gelehrt, ist aber immer wieder bekämpft worden. Bekannt ist, dass schon Aristoteles (342 v. Chr.) die Raupen, welche die grünen Blätter der Bäume und Sträucher bevölkern, aus diesen Blättern hervorgehen liess, dass er die Maden in einem faulen Käse, ja selbst Batrachierlarven im Schlamme stagnirender Gewässer von selbst entstanden sich dachte, weil er nicht wusste, wie sie daselbst hineingekommen waren. Sein Irrthum wurde erst 2000 Jahre später (1675) durch Franc. Redi nachgewiesen, welcher zeigte, dass, wenn man Käse und Fleisch durch Umhüllen mit Gaze vor dem Hinzutritt der Fliegen und anderer Insekten schützt, keine Maden darin entstehen; dass aber an allen den Stellen, an welchen die Fliegen Zutritt haben und nun ihre Eier legen, sich Maden in reichlicher Menge entwickeln. Somit konnten die Maden nur aus den Eiern der Insekten entstanden sein. (Experimenta circa res diversas naturales speciatim illas, quae ex Indiis adferuntur. Ex Italico Latinitate donata. Amstelodami, 1675.) — Seine Beobachtungen wurden durch die genauen Studien J. Swammerdam's über die Lebensweise und Bildungsgeschichte der Insek-

ham [1]) 1768, welcher theils auf microscopische Beobachtungen, theils auf ungenaue Versuche gestützt die Lehre von der „Urzeugung“ (Generatio aequivoca s. spontanea) in einem wissenschaftlichen Streite mit Spallanzani lebhaft vertheidigte.

Obwohl indess Spallanzani [2]) bereits 1780—1786 diesen Behauptungen gegenüber den exacten Nachweis führte, dass alles Lebende in der Natur immer nur von lebenden Wesen gleicher Art abstammen könne und kein Geschöpf in einer gärenden oder faulenden Materie entstehe, ohne dass schon thierisches oder pflanzliches Leben derselben Art vorher vorhanden gewesen wäre, haben doch bis in die neueste Zeit hinein sich Forscher gefunden, welche die alte Lehre aufrecht erhielten. Im Anfang dieses Jahrhunderts war es insbesondere eine Reihe französischer Forscher, Pouchet [3]), Jolly, Musset u. a., welche mit einem grossen Aufwand von Versuchen und Culturmethoden die Urzeugung (Heterogenie) niederster Infusorien und Pilze zu beweisen suchten; in der allerjüngsten Zeit sind nochmals Huizinga [4]) und Bastian [5]) mit

---

ten bestätigt und damit zugleich die Urzeugung der Insectenlarven ein für alle Mal beseitigt. (Vergl. Joh. Swammerdam: Biblia naturae s. historia insectorum generalis, ofte allgemeene verhandeling van de blödeloose dierkens. I. Deel, Utrecht, 1669. II. Deel: Ephemeri vita etc., Amsterdam, 1675. Dasselbe auch aus dem Holländischen ins Deutsche übersetzt: „Bibel der Natur“, Leipzig, 1752.)

[1]) Needham: Observations upon the generation, composition and decomposition of animale and vegetale substances. London, 1749. — Nouvelles découvertes faites avec le microscope. Aus dem Englischen übersetzt von A. Trembley. Leyden, 1747. — Notes sur les nouvelles découvertes de Spallanzani. Paris, 1768.

[2]) Lazaro Spallanzani: Dissertazioni di fisica animale e vegetabile. 2 Bände. Modena, 1780 (Pavia, 1787). — Derselbe: Versuche über die Erzeugung der Thiere und Pflanzen. Aus dem Französischen von Chr. Fr. Michaelis. 2 Theile mit Kupfern. Leipzig, 1786.

[3]) F. A. Pouchet: Theorie positive de l'ovulation spontanée et de la fécondation etc. (Mit Atlas.) Paris, 1847. — Man vergleiche über diesen Gegenstand das ausführliche und die Lehre der Generatio spontanea erschöpfend behandelnde Buch von F. A. Pouchet: „Hétérogénie ou traité de la génération spontanée.“ Paris, 1859. 667 Seiten, 3 Tafeln und ausführliches Literaturverzeichniss.

[4]) D. Huizinga: Zur Abiogenesisfrage. Pflüger's Archiv, 1873, Bd. VII, S. 549—575. — 1874, Bd. VIII, S. 277—288 u. 551—565. — 1875, Bd. X, S. 62—76.

[5]) H. Charlton Bastian: Untersuchungen über die physikalisch-chemische Gärungstheorie und die Bedingungen der Archibiosis in vorher gekochten Flüssigkeiten. Centralbl. f. d. med. Wissenschaften, 1876, S. 521. — Sur la fermentation de l'urine. Compt. rend. Bd. 83, No. 8. (Widerlegung der Einwände Pasteur's.) — On the conditions favouring fermentation and the appearance of Bacilli, Micrococci and Torulae in previously boiled fluids.



neuen Versuchen für diese Lehre eingetreten. Sie gaben Nährflüssigkeiten und Culturmethoden an, welche mit scheinbarer Exactheit ausgeführt, jede andere Erklärung als die einer Urzeugung oder, wie man es neuerdings genannt hat, einer „Abiogenesis s. Archibiosis“ ausschlossen. Allein eine sorgfältige Wiederholung der Versuche durch Gscheidlen, Putzey[1]), Samuelson[2]) und Burdon-Sanderson[3]) hat das Resultat ergeben, dass in den von den Heterogenisten angegebenen Nährflüssigkeiten niederste lebende Organismen niemals entstehen, wenn man die bereits vorhandenen Keime in der Flüssigkeit sorgfältig tödtet und auch den Hinzutritt neuer aus der Luft sicher verhindert.

Somit kann die „Generatio aequivoca“ heute wohl als ein erwiesener Irrthum betrachtet werden. Wenn man auch im Princip zugeben muss, dass zu irgend einer Zeit auf der Oberfläche der Erde eine „Urzeugung“ einfachster, lebender Wesen — wofern man nicht eine Schöpfung im biblischen Sinne annehmen will — stattgefunden hat, welche den ersten Anstoss zu der langen Entwickelungsreihe unserer gegenwärtig lebenden Thier- und Pflanzenwelt gab, so schliesst diese Annahme, welche ich als eine naturwissenschaftliche Nothwendigkeit anerkenne, doch noch keineswegs die Voraussetzung in sich, dass diese Bedingungen auf der Erde auch heute noch bestehen oder künstlich nachgeahmt werden können. Bei den durchgreifenden geologischen, tellurischen und atmosphärischen Veränderungen, welche der Erdball im Laufe der Aeonen erwiesenermassen durchgemacht hat, ist es sehr wohl denkbar, dass die Bedingungen für eine Erzeugung lebender organischer Materie heute ganz andere und viel weniger günstige sind, als vor vielen Tausenden von Jahren. Für die Mehrzahl der Forscher gilt daher heutzutage der wissenschaftliche, von Spallanzani 1780 ausgesprochene Grundsatz: „Omne vivum ex ovo“ [4]).

Linnean society's Journal. 1877, Bd. 14. — Centralbl. f. d. medicin. Wissenschaften, 1878, S. 200.

[1]) R. Gscheidlen und Putzey: Pflüger's Archiv, 1874, Bd. IX, S. 163—174.

[2]) Samuelson: Pflüger's Archiv, Bd. VIII, S. 277—288.

[3]) Burdon-Sanderson: Nature, Bd. VIII, S. 478.

[4]) Da die Bezeichnung „ovum — Ei“ für die Sporen und Keime niederster pflanzlicher Organismen, z. B. der Schimmel, Hefen und Schizomyceten, streng genommen nicht passt, so haben verschiedene Forscher, unter Anderen Schröder (Annalen der Chemie und Pharmacie, Band 117, S. 293, 1861), die

Der positive Nachweis, dass die atmosphärische Luft die Keime niederster pflanzlicher und thierischer Wesen enthält, ist jedoch erst in den Jahren 1836—1863 durch eine Reihe namhafter Forscher geführt worden. Dieselben haben durch exacte und sinnreiche Versuche die Lehre von der Allgegenwart der Keime oder der „Panspermie“ zuerst zur wissenschaftlichen Thatsache erhoben und damit zugleich für die Frage von der fäulnisserregenden Wirkung der atmosphärischen Luft den ersten festen Grund gelegt. Es sind dies die in neuester Zeit oft genannten Forscher, von Franz Schulze (1836) an bis auf Pasteur (1863), welche man kurzweg als die „Panspermatiker“ zu bezeichnen pflegt und mit Recht als die eigentlichen Begründer unserer heutigen Lehre von den Fäulnissfermenten betrachtet.

Franz Schulze[1]) wies zuerst in einer kleinen Arbeit nach, dass in vorher gekochten gärungs- und fäulnissfähigen vegetabilischen oder animalischen Stoffen sich niemals Infusorien und Schimmel bilden, wenn er entweder die Gefässe hermetisch verschloss oder durch Bedecken der Flüssigkeit mit einer Schicht Oel den Zutritt der Luft verhinderte, oder wenn er die Luft durch Auswaschen mittelst Schwefelsäure von den in ihr enthaltenen Stoffen bezw. Keimen befreite.

Er benutzte für seine Versuche einen eigens construirten Apparat von folgender Zusammensetzung: Ein Glaskolben, welcher zur Hälfte mit dem Aufguss einer thierischen oder pflanzlichen Substanz gefüllt und oben mit einem von zwei knieförmig gebogenen Glasröhren durchbohrten Kork verschlossen war, wurde im Sandbade bis zum heftigen Kochen erhitzt, um alle vorhandenen Keime in der Flüssigkeit zu zerstören. Während der heisse Dampf ausströmte, befestigte er beiderseits an jedem Glasrohr einen Kugelapparat, von denen der eine mit Schwefelsäure, der andere mit Kalilauge gefüllt war. Dieser Apparat wurde vor das Fenster gestellt und der Einwirkung von Licht und Luft während der Sommermonate ausgesetzt; durch Aspiration am Kalirohr wurde mehrmals täglich Luft durch

---

Modification vorgeschlagen: „ex vivo“. Mit dieser Abänderung wird der obige Ausspruch Spallanzani's heute gewöhnlich citirt.

[1]) Franz Schulze (Berlin): Vorläufige Mittheilung der Resultate einer experimentellen Beobachtung über generatio aequivoca. Gilbert's Annalen der Physik und Chemie, 1836, Band 39, Seite 487.



die Schwefelsäure hindurch in den Kolben hineingesogen und so beständig erneuert.

Nach 2 Monaten wurde der Kolben geöffnet und microscopisch untersucht. „In der ganzen Flüssigkeit war auch nicht eine Spur weder von Infusorien, noch von Conferven oder Schimmel aufzufinden. Dagegen zeigte sich alles dies schon in einigen Tagen, nachdem ich den Kolben hatte offen stehen lassen, im reichlichsten Maasse.“ Ein zu gleicher Zeit aufgestelltes unverkorktes Gefäss mit derselben Flüssigkeit enthielt schon am folgenden Tage Vibrionen und Monaden, dem sich sehr bald grössere polygastrische Infusorien und später selbst Räderthiere zugesellten. Durch diesen Versuch war also die Existenz der Keime von Pilzen und Infusorien in der atmosphärischen Luft bereits über allen Zweifel nachgewiesen.

Dieser Schulze'sche Fundamentalversuch ist nun in der Folge mannigfach variirt worden. Schon im nächsten Jahre zeigte Schwann[1]) 1837, dass man mit derselben Sicherheit die Entwickelung kleinster Organismen verhindern könne, wenn man die zu den Flüssigkeiten hinzutretende Luft durch eine heisse, leichtflüssige Metallmischung leitet, welche anhaltend in einer, dem Siedepunkt des Quecksilbers nahen Temperatur erhalten wird. Die Luft wurde auf diese Weise im Metallbade vollständig geglüht. Mittelst eines Gasometers wurde nun mehrere Wochen hindurch ein continuirlicher, langsamer Luftstrom durch den Kolben getrieben. In mehreren derartigen Versuchen zeigte sich indessen „selbst nach Wochen, keine Infusorien- oder Schimmelbildung..., sondern das Fleisch blieb unverändert und die Flüssigkeit so klar, wie sie nach dem Kochen war.“

Später änderte Schwann den Versuch in der Weise ab, dass die in den Kolben eintretende Luft vorher in einer lang ausgezogenen und mehrmals spiralig gebogenen Glasröhre mittelst einer Spiritusflamme andauernd erhitzt wurde. Gläschen mit Fleisch wurden auf diese Weise 6 Wochen bei einer Temperatur von 14—20° R. vor Infusorienbildung und Schimmeln bewahrt; dagegen trat die Entwickelung dieser Organismen in eben solchen offenen Gefässen schon in wenigen Tagen ein. Schwann schloss hieraus,

[1]) Th. Schwann: Vorläufige Mittheilung, betreffend Versuche über die Weingärung und Fäulniss. Gilbert's Annalen der Physik und Chemie, 1837, Bd. 41, S. 184.

„dass die Keime des Schimmels und der Infusorien in der atmosphärischen Luft vorhanden sind" und somit durch Glühen derselben zerstört wurden. —

Auf diese Beobachtungen gestützt, kamen Schröder und von Dusch[1]) (1853) auf den Gedanken, die atmosphärische Luft einfach mechanisch von den in ihr enthaltenen Keimen zu befreien. Sie erreichten dies dadurch, dass sie einen im Uebrigen ähnlich construirten Apparat mit einem weiten, circa einen Zoll dicken Glasrohr in Verbindung brachten, welches auf 20 Zoll Länge lose mit Baumwolle verstopft war. Durch eine Saugvorrichtung (Wassergefäss mit Ausfluss) wurde nun beständig atmosphärische Luft durch die Baumwolle und durch den Kolben hindurchgesogen; durch gut schliessende Hähne konnte der Wasserausfluss und die Luftaspiration jederzeit gehemmt werden. Sie kamen durch diese Versuche mit den verschiedensten animalischen und vegetabilischen Stoffen gleichfalls zu dem Resultat, dass Schimmelbildung nur durch aus der Luft zugeführte Keime oder Sporen entsteht, und dass auch die Bildung von Hefezellen und Fäulnissorganismen in gärungs- und fäulnissfähigen Stoffen sich verhindern lässt, wenn nur solche Luft Zutritt hat, welche vorher durch Baumwolle filtrirt worden war. —

Später wurden diese panspermistischen Versuche noch weiter vereinfacht. So konnte H. Hoffmann[2]) 1860 die Entwickelung von Pilzen, Hefen, Infusorien und Schizomyceten in vorher gekochten organischen Substanzen verhindern, wenn er den lang ausgezogenen Hals eines Kolbens nur spitzwinklig mehrere Zoll nach unten umbog, so dass der dem Gesetz der Schwere folgende Staub der Luft in die Flüssigkeit nicht hineinfallen konnte.

In dem folgenden Jahre wies sodann Pasteur[3]), welcher die vorgenannten Versuche in exacter Weise und mit gewissen Abänderungen wiederholt hatte, nach, dass man dasselbe erreichen könne,

[1]) H. Schröder und Th. v. Dusch (Mannheim): Ueber Filtration der Luft, in Beziehung auf Fäulniss und Gärung. Annalen der Chemie und Pharmacie, 1854, Bd. 89, S. 232—243.

[2]) Botanische Zeitung, 1860, No. 5 und 6. — Auch Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. 115, S. 228.

[3]) L. Pasteur: Mémoire sur les corpuscules organisés, qui existent dans l'athmosphère. Annales de Chimie et de Physique, 1862, Bd. 64, p. 1—110. In dieser wichtigen Arbeit ist der grösste Theil der Pasteur'schen Versuche über generatio aequivoca und über Fäulniss enthalten.



wenn man den spitz ausgezogenen rechtwinklig umgebogenen Hals eines Kolbens zickzackförmig krümmte. Der Staub der durch Erwärmung und Abkühlung zur Tag- und Nachtzeit in den Kolben eindringenden Luft blieb dabei an den Krümmungen des Rohres liegen, und dementsprechend blieb die Entwickelung von Hefezellen und Infusorien in der gärungs- und fäulnissfähigen Flüssigkeit aus, so lange die Berührung derselben mit diesem Staube verhindert war; wurde dagegen durch Umschütteln des Gefässes der Staub mit der Flüssigkeit in den Krümmungen gemischt, so trat Hefeentwickelung und Infusorienbildung augenblicklich ein.

Nachdem so auf die mannigfachste Weise mit stets übereinstimmendem Erfolge die Bedingungen für die Entwickelung dieser kleinsten Organismen erforscht sind, kann es keinem Zweifel mehr unterliegen, dass die allgegenwärtige Luft die Trägerin von Keimen aller Art lebender Wesen ist und wahrscheinlich als die wesentlichste Ursache des Auftretens dieser Geschöpfe in faulenden Materien angesehen werden muss.

Diese später kurz als „Panspermie“ bezeichnete Thatsache ist nicht blos gegenüber der Lehre von der Generatio aequivoca, sondern auch in mancher anderen Hinsicht von der weittragendsten und nachhaltigsten Bedeutung geworden. Zunächst warf sie auf die seit Langem bekannte Eigenschaft der atmosphärischen Luft, in vegetabilischen und thierischen Substanzen Gärung und Fäulniss zu erregen, ein ganz neues und unerwartetes Licht, welches noch immer mehr an Bedeutung gewann, als sich durch dieselben Untersuchungen eine auffallende Coincidenz zwischen den Bedingungen des Eintritts und des Verlaufs dieser Zersetzungsprocesse und den Bedingungen des Lebens und der Vermehrung jener Organismen herausstellte. Es traf ferner damit der Umstand zusammen, dass für eine Reihe von Krankheiten der Pflanzen und Thiere, welche durch niedere Pilze bedingt werden, insbesondere die Traubenkrankheit (Oidium Tuckeri), die Kartoffelkrankheit (Peronospora infectans), die als „Muscardine“ bezeichnete epidemische Erkrankung der Seidenraupe (Botrytis Bassiana) und endlich die schon von Goethe beobachtete tödtliche, epidemische Krankheit der Stubenfliege (Empusa muscae), die Verbreitung der schädlichen Organismen durch die unsichtbaren Wege der Luft nachgewiesen war. In gleicher Weise war ferner auch für die unter den Menschen epide-

misch auftretenden Infectionskrankheiten, die Cholera, den Typhus, die Pocken und viele andere, die Entstehung und Verbreitung durch die atmosphärischen Keime niederster pflanzlicher Organismen (Contagium vivum s. animatum) durch Henle 1840 aus Gründen der Analogie von neuem wahrscheinlich gemacht worden. Endlich wurden die aus jener Lehre gezogenen Consequenzen in praktischer Hinsicht für Medicin und Chirurgie von segensreicher, nachhaltiger Bedeutung, insofern als der schottische Chirurg Joseph Lister, auf die Versuche der Panspermatiker gestützt, ein Verfahren kennen lehrte, welches die Wunden vor dem Eintritt der Sepsis und damit vor den Gefahren der accidentellen Wundkrankheiten, ja selbst vor dem Eintritt der Eiterung und des Wundfiebers schützte.

Bei diesem vielseitigen Interesse, welches die in der Luft enthaltenen kleinsten Organismen erweckten, war daher das Bestreben der Forscher schon frühzeitig darauf gerichtet, ihre Gegenwart auch direct und microscopisch nachzuweisen. Derartige Untersuchungen des atmosphärischen Staubes wurden isbesondere von Ch. G. Ehrenberg[1]), dem Altmeister der Microscopie und dem wissenschaftlichen Schöpfer dieser kleinsten Lebenswelt, mit grosser Ausdauer Decennien hindurch ausgeführt.

Ehrenberg war zugleich der erste, welcher eine brauchbare Methode angab, den Staub der Luft der directen microscopischen Beobachtung zugänglich zu machen. Er sammelte den aus der Atmosphäre sich niedersenkenden Staub an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Jahreszeiten auf einer trockenen Unterlage, vermischte ihn alsdann mit destillirtem Wasser und brachte von dieser Staubinfusion einige Tropfen unter das Microscop. Es gelang ihm auf diese Weise, eine vollständige Analyse der organisirten Lebensformen der atmosphärischen Luft zu geben und zu bestätigen, was die Panspermatiker aus ihren Versuchen indirect erschlossen hatten. In der Luft von Berlin, St. Petersburg und Tobolsk, in dem gewöhnlichen Landstaube, wie im Passatstaube, im

---

[1]) Chr. G. Ehrenberg: Die Organisation in der Richtung des kleinsten Raumes. Beitrag I, II, III. Abhandlungen der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Jahrg. 1830, 1832 und 1834—1835. Ferner: Chr. G. Ehrenberg: Uebersicht der seit 1847 fortgesetzten Untersuchungen über das von der Atmosphäre unsichtbar getragene reiche organische Leben. Aus den Abhandlung. der Königl. Akad. d. Wissensch. zu Berlin. Berlin, 1871, C. Vogt. 150 Seiten nebst 2 Tafeln Abbildungen. Hierzu ein: „Nachtrag zur Uebersicht der organischen Atmosphärilien". Ebendas. 1871.

Staube der Strassen und Dachrinnen, wie in der Luft der Zimmer, fand er Schimmelsporen, Hefezellen, Schizomyceten (Monaden, Vibrionen) und die verschiedenartigsten Infusorien, von den kleinsten Geissel- und Wimperthierchen bis zu den höher entwickelten Räderthieren, alles mit organischem und anorganischem Detritus aller Art bunt durch einander vermengt, nach Zeit und Ort in sehr wechselnder Zusammensetzung. Die kleinsten aller dieser Wesen, die Schizomyceten, wurden dabei immer am häufigsten und reichlichsten angetroffen, so dass Ehrenberg schon im Jahre 1830 auf diese Beobachtungen gestützt den Erfahrungssatz aufstellen konnte: „Die Milchstrasse der kleinsten Organisation geht durch die Gattungen Monas, Vibrio, Bacterium Bodo“.

Sogar aus den fernsten Ländern und Erdtheilen können nach Ehrenberg diese microscopischen Organismen zu uns herübergeweht werden. Wenn, wie Ferd. Cohn es sehr schön darstellt, im Winter der strenge Nordost von dem glühenden Athem des Föhn bekämpft und von diesem verdrängt wird, so erfüllt sich die Luft mit feinem Staube, der den Himmel verdunkelt, dem Wanderer das Athmen benimmt und über ganze Länder die beschneiten Fluren bedeckt. Diesen zimmetfarbenen „Passatstaub“, welcher namentlich häufig an der Westküste Afrika's (Nebelküste), auch jenseits des Mittelmeeres, in Italien und selbst in den nördlicheren Gegenden bisweilen niederfällt, hat Ehrenberg gleichfalls wiederholt microscopisch untersucht; auch in ihm fanden sich neben mannigfachen mineralischen Bestandtheilen die Keime und Zellen zahlreicher mikroscopischer Organismen aus der Klasse der Schizomyceten, Pilze und Infusorien. Ehrenberg schreibt diesen kleinsten organisirten Geschöpfen eine so ausserordentliche Verbreitung in der Natur zu, dass seiner Ansicht nach selbst im Weltenraum organisirte Gebilde umherirren und von da gelegentlich auf die Erde und auch auf andere Gestirne gelangen [1]. —

[1]) Den Anlass zu dieser Vorstellung hat namentlich der Gehalt des Passatstaubes an Eisen gegeben, welchem derselbe seine braungelbe Farbe verdankt. Man hat aus diesem Umstande geschlossen, dass jene eigenthümlichen Staubmassen kosmischen Ursprungs seien und aus der Weltatmosphäre, in welcher sie vertheilt sind, zu uns herniederfallen. Aus demselben Grunde wird der Passatstaub nicht selten als „Meteorstaub“ bezeichnet. Ehrenberg, der diese Ansicht ganz besonders vertritt, hat in seiner oben citirten Arbeit alle seit 1154 v. Chr. vorgekommenen „Staubfälle“ aus der Erd- oder Weltatmosphäre sorgfältig zusammengestellt und die übereinstimmenden Anschauungen früherer Naturforscher für diese Ansicht ins Feld ge-



Um den Staub der Luft aufzufangen und zur microscopischen Untersuchung zu verwenden (Aëroscopie), sind zahlreiche Methoden angegeben worden. Am einfachsten ist jedenfalls das Verfahren von Ehrenberg, den Staub trocken aufzusammeln und mit destillirtem Wasser zu schütteln. Ich selbst habe diese Methode in den letzten Jahre vielfach geübt und vollkommen brauchbar gefunden. Sie gewährt den für die Bestimmung der Lebensformen sehr erwünschten Vortheil, dass die todten organischen Stoffe in Berührung mit dem Wasser in Zersetzung übergehen und, in Verbindung mit den mineralischen Ingredentien des Staubes, der Entwickelung niederster pflanzlicher und thierischer Organismen einen günstigen Boden darbieten. Eine Verunreinigung durch fremde Keime ist in diesem Falle nicht zu befürchten, da ja immer nur wieder dieselbe Luft und derselbe Staub, welcher untersucht werden soll, zu der Flüssigkeit Zutritt hat. Ich möchte daher diese Methode als die einfachste und bequemste für alle ähnlichen Zwecke empfehlen.

Die übrigen Methoden beruhen grösstentheils auf Aspiration der Luft und Auffangen des Staubes auf klebrigen Flächen. Diesem Princip entspricht das zuerst von Pouchet im Jahre 1860 angegebene „Aëroscop". Dasselbe besteht aus einem Glastrichter mit weiter Oeffnung und sehr fein ausgezogener Spitze. Vor die letztere bringt man einen microscopischen Objectträger, auf welchem ein Tropfen Glycerin ausgebreitet ist. Man treibt nun mit einer Luftpumpe — meines Erachtens weit einfacher mit einem gewöhnlichen Blasebalg — die Luft der zu untersuchenden Oertlichkeit durch den Glastrichter, wobei die Stäubchen beim Ausströmen durch die feine Spitze auf der klebrigen Glasplatte hängen bleiben.

Ohne jeden Apparat kann man, wie ich mich überzeugt habe, zu demselben Ziele gelangen, wenn man das mit einer Mischung von Glycerin und Wasser überzogene Objectgläschen oder ein damit bedecktes Uhrglas einfach an dem zu prüfenden Orte eine Nacht

---

führt. — Viel weiter noch, als Ehrenberg, geht E. Quinet (Die Schöpfung. Deutsch übersetzt. Leipzig, 1871, Bd. 2, S. 276 — Schmidt's Jahrb., Bd. 159, S. 179) in der Vorstellung von der Ubiquität der kleinsten lebenden Wesen. „Das Leben ist kosmischer Natur; es wandert, in das Weltall verstreut, durch alle Himmelsräume und ist so alt wie die Materie selbst; es war schon da, ehe die Erde existirte, und wird sie überleben (!). Die Erde nahm die Keime aller künftigen Wesen aus der kosmischen Masse an sich" u. s. w. — Dies ist die Lehre von der Panspermie in ihrer extremsten Form!

stehen lässt; die Staubtheilchen der Luft fallen, wie die Erfahrung an Gegenständen lehrt, ganz von selbst in das Glycerin hinein und können dann sogleich zur microscopischen Untersuchung verwendet werden. Dass man auf dieselbe Weise einen abgeschlossenen cylindrischen Raum blos durch Bestreichen der Wände mit Glycerin nach Verlauf einiger Zeit vollkommen staubfrei machen kann, hat neuerdings noch Tyndall in seinen Versuchen mit dem electrischen Licht exact nachgewiesen.

Pasteur benutzte das von Schröder und v. Dusch angegebene Verfahren, die Luft mittelst Filtration durch Baumwolle von den in ihr enthaltenen körperlichen Elementen zu reinigen. Er verstopfte eine gut gereinigte Glasröhre mit Schiessbaumwolle, saugte mittelst eines Aspirators Luft durch dieselbe hindurch und löste die Baumwolle alsdann in Aether auf. Die im Aether unlöslichen organisirten und unorganisirten Körperchen setzen sich nach einiger Zeit in dem Aether ab und lassen sich dann leicht microscopisch untersuchen.

Eine andere Reihe von Methoden besteht darin, mittelst Kältemischungen die in der Luft constant enthaltenen Wasserdämpfe zu Tropfen zu condensiren und mit diesen die Staubtheilchen mechanisch, wie im Thau oder Regen, niederzureissen. Solche Methoden sind in neuerer Zeit von Schnetzler, Rubio und A. Vogt zu Luftuntersuchungen in Krankenzimmern oder bei Epidemieen benutzt worden. Man befestigt zu diesem Zwecke mit Kältemischungen gefüllte Glasflaschen oder mit Eis gefüllte, unten zugeschmolzene Glastrichter möglichst frei schwebend in der zu untersuchenden Luft und lässt die auf der äusseren Oberfläche der Behälter sich niederschlagenden Wassertropfen in ein untergestelltes, sorgfältig gereinigtes Gefäss ablaufen. —

Alle die beschriebenen Methoden leiden indessen an dem einen, sehr empfindlichen Mangel, dass man bei der microscopischen Untersuchung solcher staubhaltigen Tropfen den etwa gefundenen organisirten Gebilden doch niemals ansehen kann, ob sie belebt oder unbelebt sind. Es giebt die blosse microscopische Betrachtung des Staubes, gleichviel nach welcher Methode er gesammelt wurde, durchaus keine zuverlässigen Anhaltspunkte über den Gehalt dieses Staubes an lebenden, entwickelungsfähigen Geschöpfen.

F. Cohn[1]) hat daher die bisherigen Verfahrungsweisen zweckmässig dahin abgeändert, dass er die Luft mittelst eines Saugapparates durch vorher gekochte Nährflüssigkeiten hindurchleitete, welche alle für die Entwickelung dieser kleinsten Organismen nothwendigen Stoffe enthalten. Es wird dabei ein grosser Theil der atmosphärischen Keime zurückgehalten, welche alsdann bei günstiger Temperatur nach einiger Zeit sich vermehren und nun bequem zur microscopischen Bestimmung ihres Genus und ihrer Species benutzt werden können.

Diese Methode, die, bei genügender Vorsicht ausgeführt, gewiss brauchbare Resultate zu liefern im Stande ist, hat jedoch auch den inen Uebelstand, dass man mit solchen Culturen erfahrungsgemäss immer nur eine ganz bestimmte Gattung von Organismen züchten kann, nämlich diejenige, für welche die Nährflüssigkeit gerade die geeignete Zusammensetzung besitzt. So gedeihen beispielsweise in den gegenwärtig gebräuchlichen Pasteur'schen Nährsalzlösungen (weins. Ammoniak, phosphors. Kali, schwefels. Magnesia und Chlorcalcium) in der Regel nur Schizomyceten und zwar deren einfachster Tribus (Micrococcen, Bacterien); sind aber in einer solchen Lösung erst Schizomycetenvegetationen zur Herrschaft gelangt, so kommen erfahrungsgemäss andere Pflanzen, als Schimmelsporen und Hefezellen, nicht mehr auf. Will man also die Luft einer Oertlichkeit nicht nur auf Micrococcen und Bacterien, sondern auf alle in derselben enthaltenen organisirten Bestandtheile prüfen, so muss man gleichzeitig verschiedene, für jede mögliche Species von Organismen zusammengesetzte Culturobjecte aufstellen. Allerdings dürfte für die Mehrzahl der heute in Betracht kommenden Fragen, z. B. für die Ermittelung des Gehalts an Fäulnissfermenten, insbesondere an Schizomyceten, der erstere Nachweis in der Regel wohl genügen. —

[1]) Ferd. Cohn: Die unsichtbaren Feinde in der Luft. Vortr., geh. a. d. 47. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Breslau, am 24. September 1874.

Kehren wir nach diesen Auseinandersetzungen zu der ursprünglich aufgeworfenen Frage zurück: welche Bestandtheile des atmosphärischen Staubes sind nun für das Zustandekommen von Fäulnissprocessen nothwendig? — so müssen wir bekennen, dass hier ein Chaos von Stoffen der verschiedenartigsten Natur, ein buntes Gemisch von gasigen und festen, von organischen und anorganischen, von belebten und unbelebten Bestandtheilen in Betracht kommt, von welchen es vor der Hand unmöglich sein dürfte, zu entscheiden, welcher derselben für das Zustandekommen der Fäulniss nothwendig ist und welcher nicht.

In der Art, wie die Luft alle diese Bestandtheile von den Gegenständen, mit welchen sie in Berührung kommt, aufnimmt, gleicht sie dem Wasser vollkommen; aber in der Mannigfaltigkeit der Stoffe, welche auf diese Weise in die Luft übergeführt werden, ist sie dem Wasser weit überlegen. Dem entsprechend ist auch die Beantwortung der obengenannten Frage, welcher dieser mannigfaltigen Bestandtheile für den Eintritt der Fäulniss nothwendig ist und welcher nicht, für das Wasser relativ leichter zu führen, als für die Luft.

Für das Wasser kann es als sicher betrachtet werden, dass das eigentlich constituirende Element, das chemisch reine Wasser (H_2O), das wesentlichste, die Fäulniss begünstigende Moment ist; wir hatten bereits früher gesehen, dass das Wasser theils physicalisch als Lösungsmittel, seines flüssigen Aggregatzustandes wegen, eine wichtige Rolle spielt, theils an dem Chemismus einer ganzen Reihe von Umsetzungen wesentlich betheiligt ist. Die im Wässer gelösten anorganischen Salze dagegen wird man in der Regel wohl als unwesentlich betrachten dürfen. Bezüglich der im Wasser gewöhnlich enthaltenen organischen Substanzen habe ich in jüngster Zeit Versuche angestellt, welche ihre ursächliche Betheiligung an der Fäulniss ausser Frage setzen. Diese Versuche werden weiter unten im Zusammenhange mitgetheilt werden.

Schon wiederholt ist von Forschern dieser Richtung die auffällige Beobachtung mitgetheilt worden, dass Substanzen, welche bis dahin nicht in Fäulniss übergegangen waren, oder in welchen die Fäulniss bereits erloschen war, alsbald von Neuem in stinkende Zersetzung übergingen, wenn sie einfach mit Wasser über-

gossen oder mit Wasser verdünnt wurden. So erzählt Billroth[1]), dass eine mehrere Monate alte Fleischmaceration, in welcher seit einigen Wochen die Fäulniss zum Stillstand gekommen und die Entwickelung niederer Organismen erloschen schien, von Neuem lebhaft zu stinken und reichlich Fäulnissorganismen zu produciren begann, als er zu der Substanz gewöhnliches Leitungswasser hinzufügte. Ebenso hat F. Cohn[2]) eine ganze Reihe von Beobachtungen mitgetheilt, nach welchen verschiedene fäulnissfähige Substanzen, z. B. Muskelstückchen, gekochte Erbsen, Eiweisslösungen, an und für sich beim Zutritt reiner Luft ziemlich lange Zeit unverändert blieben, aber sofort in Fäulniss übergingen, sobald sie mit destillirtem Wasser übergossen resp. verdünnt wurden. Ich selbst habe bei früheren Fäulnissversuchen mit Fleischstückchen, Eiter und frischen Hühnereiern gefunden, dass man dieselben bei Beobachtung gewisser Vorsichtsmassregeln (Reinhalten der Instrumente und Gefässe) lange Zeit, selbst bei völlig freiem Luftzutritt unzersetzt erhalten kann, dass dieselben aber augenblicklich faulen, sobald sie mit gewöhnlichem Brunnenwasser vermischt wurden.

Diese Beobachtungen gaben mir die Anregung, die merkwürdigen Beziehungen des Wassers zum Eintritt der Fäulniss einer genaueren Prüfung zu unterziehen. Ich musste mir nämlich sagen, dass das hinzugefügte reine Wasser an und für sich in allen diesen Fällen die Ursache der Zersetzung nicht gewesen sein kann, da ja alle Substanzen bereits mehr oder weniger wasserhaltig waren und manche von ihnen, wie die Eiweisslösungen, Eiter, Speichel und Eier, Wasser zu ihren Hauptbestandtheilen zählen. Auch die blosse Wirkung der Verdünnung als die Ursache der Veränderungen anzunehmen, erschien mir für die frischen Substanzen nicht sehr wahrscheinlich, obwohl allerdings, nach dem früher Erörterten, organische Substanzen im Allgemeinen um so leichter und schneller faulen, je wasserreicher sie sind. Für alte, ausgefaulte Stoffe hingegen, in denen die Fäulniss nach Wasserzusatz wieder eintritt, dürfte kaum eine andere Erklärung zulässig sein, als die Annahme einer Verdünnung, insofern einestheils der durch Verdunstung und pflanzliche Vegetation entstandene Wasserverlust er-

[1]) Th. Billroth: Untersuchungen über die Vegetationsformen von Coccobacteria septica. Berlin, G. Reimer, 1874.

[2]) Ferd. Cohn: Ueber Bacterien und deren Beziehung zur Fäulniss und zur Contagion. Schles. Gesellsch. f. vaterl. Cultur, Sitzg. v. 14. Febr. 1872.



setzt wird, anderntheils die in concentrirter Lösung befindlichen Fäulnissproducte diluirt werden.

In letzterer Beziehung müssen wir nämlich einer Erfahrung gedenken, welche bereits bei den Gärungen besprochen wurde, nämlich derjenigen, dass fast alle durch Gärung und Fäulniss gebildeten Producte in gewisser Concentration dem Leben der Gärungs- und Fäulnissorganismen feindlich sind. So hindert, nach den Versuchen von Paschutin, kohlensaures Ammoniak schon in der geringen Menge von 1,14 — 7 pCt. das Wachsthum der Micrococcen und Bacterien in einer Faulflüssigkeit, Schwefelammonium ferner schon in viel kleineren Quantitäten, und in ganz ähnlichen Verhältnissen Schwefelwasserstoff, Ammoniak und Kohlensäure. Nach ihm geht Vermehrung und Wachsthum der Organismen bei der Fäulniss nur eine begrenzte Zeit hindurch fort und hört dann, sobald der genannte Concentrationsgrad erreicht ist, regelmässig auf. Diese Resultate von der fäulnisshemmenden Wirkung gewisser Producte sind später auch von Bucholtz und Billroth bestätigt worden.

Ohne Zweifel ist also die fäulnissbegünstigende und fäulnisserregende Wirkung des Wassers eine vielfältige, welche sich zusammensetzt aus den rein physikalischen Momenten der Lösung und Verdünnung und aus dem Vorhandensein specifischer, fäulnisserregender Stoffe im Wasser. Mit Beziehung auf den letzteren Punkt habe ich in den letzten drei Jahren zahlreiche Versuche angestellt über die Verbreitung der Fäulnissfermente sowohl im Wasser, als auch in anderen, am häufigsten bei der Fäulniss in Betracht kommenden Medien, insbesondere in der Luft.

Als Versuchsmaterial benutzte ich, wie in meinen früheren Fäulnissversuchen, Hühnereier, welchen die zu prüfenden Substanzen unter Beobachtung der nöthigen Vorsichtsmaassregeln eingespritzt wurden. Die Hühnereier besitzen vor allen anderen Versuchsobjecten den Vorzug, dass dieselben jederzeit frisch und völlig frei von Verunreinigungen zu haben sind. Andere Fäulnissobjecte, z. B. Fleischaufgüsse, Eiweisslösungen, Pflanzenaufgüsse u. s. w., welche man sich in der Regel unter Zutritt der atmosphärischen Luft und mit Wasser bereitet, muss man bekanntlich immer erst längere Zeit kochen, um sie von den anhaftenden Fermenten zu befreien und ausserdem auch noch sorgfältig vor der Verunreinigung mit dem Staube der Luft schützen,

was bei der Allgegenwart der atmosphärischen Luft seine nicht unerheblichen Schwierigkeiten hat. Kurzum es gelingt, wie jeder Experimentator auf diesem Gebiet weiss, nur äusserst schwer, ein künstliches Fäulnissobject absolut rein darzustellen. Die Hühnereier hingegen enthalten nicht blos die verschiedenen fäulnissfähigen Substanzen in einer sehr vollständigen und der Fäulniss günstigen Zusammensetzung (Reichthum an Eiweiss, Wasser und Salzen), sondern sie gestatten auch der atmosphärischen Luft durch die äusserst feinen Poren ihrer Kalkschale freien, wenn auch beschränkten Zutritt, ohne die staubförmigen Bestandtheile derselben in ihr Inneres dringen zu lassen. Reinheit, Fäulnissfähigkeit, Wasserreichthum der Substanz und Filtration der hinzutretenden Luft, diese vier Eigenschaften waren es, welche ich nach nunmehr vierjähriger Benutzung dieses Materials an den Hühnereiern schätzen gelernt habe.

In dem Umstande, dass Hühnereier unter den genannten Bedingungen bei nicht zu hoher Temperatur wochenlang frisch bleiben, haben wir eine sichere Bürgschaft für die mühsam experimentell erhärtete Thatsache, dass weder das chemisch reine Wasser, noch die sauerstoffhaltige atmosphärische Luft an und für sich im Stande sind, die Fäulniss einer organischen Substanz zu erregen.

Allerdings werden auch bei gewöhnlicher Aufbewahrung bisweilen Hühnereier nach einiger Zeit zersetzt gefunden; aber wenn man hier von denjenigen Fällen absieht, in welchen diese Veränderungen bedingt sind durch langdauernde Einwirkung der filtrirten Luft, durch Eintrocknung des Inhalts und durch Oxydation der im Dotter enthaltenen Fette, so handelt es sich hier fast ausnahmslos um das Eindringen von Schimmelpilzen, welche die poröse Kalkschale durchbrechen und sich zwischen den Eihäuten ansiedeln[1]), oder um angebrütete und im Brütacte unterbrochene Eier, in welchen die bei der Entwicklung des Embryo gebildeten physiologischen Fermente wahrscheinlich ihre Thätigkeit nach dem Tode desselben noch eine Zeit lang fortsetzen.

Pasteur und Gayon[2]) nehmen allerdings für alle diese Fälle

[1]) Mosler: Mykologische Studien am Hühnerei. Virchow's Archiv, 1864, Bd. 29, p. 510—525.

[2]) Pasteur und Gayon: Verhandlungen der Pariser Académie de Médecine über Gärung und Fäulniss. Bulletin de l'Académie de Médecine, 1875, No. 7—13, insbes. p. 230—256. — Vergl. auch Gayon: Compt. rend., 1873, 27. Jan.



von sog. spontaner Zersetzung der Hühnereier die Gegenwart von Vibrionen und anderen Keimen an, welche ihrer Meinung nach beim Durchpassiren des Eies durch die Cloake oder den Oviductus der Henne in das Innere desselben eindringen; allein weder ist ein solcher Vorgang aus theoretisch-physikalischen Gründen wahrscheinlich, noch ist überhaupt die Gegenwart von Schizomyceten in spontan gefaulten Eiern nachgewiesen. Die durch frühzeitiges Absterben des Fötus bei unterbrochener Brütung bedingten Zersetzungen sind ausserdem verschieden von der gewöhnlichen Fäulniss. Die Decomposition schreitet hier niemals bis zur völligen Auflösung der Substanz in die Endproducte fort, sondern besteht nur in primären und secundären Umsetzungen, bei welchen sehr wenig oder gar keine riechenden Substanzen (H_2S und H_3N) gebildet werden. Es ist mehr eine Maceration des abgestorbenen Fötus, in ähnlicher Weise wie sie auch bei andern todten Stoffen, z. B. menschlichen Früchten (den todtfaulen Leibesfrüchten), vorkommt, und welche man zweckmässig als „nicht stinkende Zersetzung" von der putriden Fäulniss unterscheidet.

Bei der Ausführung der Versuche an Hühnereiern werden nur geglühte oder sorgfältig desinficirte Instrumente benutzt. Man bohrt zunächst mit einer starken, über der Spiritusflamme einige Minuten geglühten und langsam abgekühlten Nadel an irgend einer Stelle der Kalkschale des Eies ein Loch und führt in dieses Loch unmittelbar darauf die Canüle der Spritze ein. Die letztere (eine einfache Pravaz'sche Injectionsspritze) wird vor Beginn der Versuche einen Tag lang in eine 2-procentige Carbollösung gelegt und dann in frischem oder abgekochtem destillirten Wasser bis zur vollkommenen Neutralität abgespült. Die stählerne Canüle wird gleichfalls vor dem Versuch über der Spiritusflamme geglüht.

Man füllt nun die Spritze mit der auf den Gehalt an Fäulnissfermenten zu untersuchenden Flüssigkeit (Wasser, Luft, Faulflüssigkeiten), steckt die ausgeglühte Canüle in die Oeffnung und injicirt unter langsamem Druck mehreren Hühnereiern hintereinander 5—15 Theilstriche der Pravaz'schen Spritze, indem man die Nadel, mit welcher ein Gehülfe in jedes Ei unmittelbar vorher das Loch bohrt, immer wieder von Neuem glüht. Ist die Injection geschehen, so tropft ein Gehülfe beim Herausziehen der Canüle schnell flüssig gemachten Siegellack auf die Oeffnung. Die Eier werden alsdann mit Tinte und Feder signirt (Nummer, Datum und

Art der Injection), in ein Kästchen mit Watte oder Sand gelegt und dann an einem mittelwarmen Ort 8—14 Tage lang aufbewahrt. Beim Einführen der Cannüle in die Stichöffnung habe ich gewöhnlich die Tiefe des Einstichs variirt, indem ich einer Reihe von Eiern die Injectionsmasse in das Eiweiss, einer andern Reihe in das Eigelb trieb.

Benutzt wurde als Injectionsflüssigkeit:

a) destillirtes Wasser, alt und frisch,

b) Berliner Leitungswasser, welches 8 Stunden in einer Karaffe bei Sommertemperatur im Zimmer gestanden hatte, und

c) Brunnenwasser, welches bei äusserer Betrachtung nicht ganz klar erschien und bei der chemischen Untersuchung neben grossem Kalkgehalt organische Substanzen, Chloride, Salpetersäure und salpetrige Säure enthielt, also nachweislich mit organischer Materie oder Zersetzungsproducten derselben verunreinigt war.

Sämmtliche Wasserproben wurden theils gekocht, theils ungekocht injicirt.

Das sehr bemerkenswerthe Resultat dieser Versuche war folgendes:

a) Von fünf mit gekochtem destillirten Wasser (à 0,25 bis 0,4 Cctm.) inficirten Hühnereiern war im Juli 1877 nach einer Versuchsdauer von drei Wochen kein einziges in Fäulniss übergegangen. Von fünf anderen, mit ungekochtem und mehrere Wochen alten destillirten Wasser inficirten Eiern dagegen waren zwei schon nach 12 Tagen in stinkende Fäulniss gerathen. Eines zeigte Spuren fauliger Zersetzung; die zwei übrigen waren bei der Oeffnung völlig intact.

b) Drei Hühnereier, welchen im Juli 1877 $^1/_4$—$^1/_3$ Ccm. ungekochten Berliner Leitungswassers injicirt wurde, gingen sämmtlich in kürzester Zeit in Fäulniss über. Die Zersetzung war so intensiv, dass die Eier schon nach 5 Tagen bei völlig unversehrter Schale im Zimmer einen deutlichen Fäulnissgeruch verbreiteten und beim Eröffnen derselben mit hörbarem Geräusch platzten. — Dagegen blieben 3 Eier, welche mit demselbem, aber $^1/_4$ Stunde lang gekochten Leitungswasser inficirt wurden, ganze drei Wochen hindurch (v. 26. Juli bis 11. August) frisch.

Dieser Unterschied in der Wirkung zwischen gekochtem und ungekochtem Leitungswasser war so frappant und überraschend,

dass ich den Versuchen eine nicht unerhebliche Beweiskraft zuschreiben möchte.

c) Die drei mit ungekochtem Brunnenwasser injicirten Hühnereier gingen gleichfalls in wenigen Tagen ausnahmslos in Fäulniss über. Die Kiste, in welcher dieselben aufbewahrt wurden, stank schon nach 7 Tagen lebhaft nach „faulen Eiern“ (H^2S). In einem der Eier war die Gasentwicklung so intensiv, dass die Schale gesprengt wurde und das grünlich-schwärzliche Gemisch schäumend ausfloss.

Mit demselben Brunnenwasser, welches jedoch vorher 20 Minuten lang gekocht und bei Luftzutritt (ohne Vorsichtsmassregeln) abgekühlt war, wurden sodann drei andere Hühnereier in der Dosis von 0,3—0,4 Ccm. inficirt. Diese Eier zeigten sich bei der Eröffnung nach 10 Tagen absolut frisch; keine Spur von faulem Geruch oder faulem Geschmack, keine Verfärbung und keine Aenderungen im morphologischen Verhalten des Dotters waren in denselben wahrzunehmen.

Der Unterschied zwischen den mit gewöhnlichem und mit gekochtem Brunnenwasser inficirten Eiern war evident. Unzweifelhaft war in diesem Brunnenwasser eine Substanz enthalten, welche die Eigenschaft, in eiweissreichen Medien stinkende Zersetzung zu erregen, in hohem Grade besass und durch die Einwirkung der Siedehitze diese Eigenschaft verlor.

Um zu sehen, ob dieser Gehalt des Wassers an fäulnisserregender Substanz kein zufälliger und vielleicht diesem Wasser ausschliesslich zukommender war, habe ich diese Versuche ganz in derselben Weise im Mai des Jahres 1878 mit einem anderen Brunnenwasser wiederholt. Ich benutzte Wasser aus einem Pumpbrunnen in der Luisenstrasse, welches weder physikalisch noch chemisch ein abweichendes Verhalten von den gewöhnlichen Brunnenwässern zeigte und von den Bewohnern seit Jahren ohne Nachtheil genossen wurde.

Mit diesem Wasser wurden am 14. Mai wiederum 7 Eier inficirt, nämlich 3 mit gekochtem, 4 mit ungekochtem Brunnenwasser, und bei gewöhnlicher Sommertemperatur gemeinschaftlich in einem Kästchen aufbewahrt. — Am 23. Mai, also nach Ablauf von 9 Tagen, wurden die Eier der Reihe nach geöffnet. Die mit gekochtem Wasser inficirten waren alle 3 unverändert, ohne Geruch, üblen Geschmack und Verfärbung; von den mit unge-

kochtem Wasser inficirten Eiern zeigten 2 stinkende Fäulniss, intensiven Geruch nach Schwefelwasserstoff, grünschwärzliche Verfärbung und theilweise Gerinnung des Dotters, Trübung und schmutziggelbe Verfärbung des Eiweisses. Die beiden anderen Eier zeigten geringere Grade von Zersetzung, einen mässig übelen (nicht eigentlich faulen), ranzigen Geruch nach flüchtigen Fettsäuren und mässige Trübung und Verfärbung des Eiweisses. Es war somit die Wirkung des Wassers in dieser Versuchsreihe mit dem Ergebniss der ersten Versuche fast völlig übereinstimmend. —

Aus diesen Versuchen geht meines Erachtens ganz überzeugend hervor, dass das chemisch reine Wasser an und für sich in frischen Eiern keine Fäulniss zu erregen vermag, sondern dass die fäulnisserregende Wirkung nur dann eintritt, wenn in dem Wasser bestimmte fäulnisserregende Substanzen enthalten sind. Diese Substanzen kommen, wie es scheint, mit grosser Häufigkeit, ja vielleicht constant in terrestrischen Wässern vor; selbst das ursprünglich reine, destillirte Wasser nimmt solche Substanzen in sich auf, wenn es einige Zeit lang mit der Luft in Berührung gewesen ist. Diese fäulnisserregenden Substanzen im Wasser sind ferner höchst wahrscheinlich organischer Natur; denn ihre Wirksamkeit wird durch die Einwirkung der Siedehitze aufgehoben.

Die nächste Frage, welche sich mir hierbei aufdrängte, war die, ob diese organischen Fermente in gelöstem oder in suspendirtem Zustande im Wasser enthalten sind. War das erstere der Fall, so mussten die fäulnisserregenden Stoffe den Eiern durch die poröse Schale auch mittelst Diffusion zugehen können; andererseits würden auch von filtrirtem Brunnenwasser noch fäulnisserregende Eigenschaften zu erwarten sein.

Um dies zu prüfen, wurde wiederum eine Anzahl von Eiern in ein grosses Glasgefäss mit Brunnenwasser hineingelegt und 10—12 Tage lang darin aufbewahrt. In dem Wasser selbst entwickelten sich während dieser Zeit nach wenigen Tagen kleinste Organismen; die Eier selbst jedoch blieben 12 Tage hindurch sämmtlich vollkommen frisch. Ganz ähnliche Versuche sind im Jahre 1876 auch von Colin angestellt mit demselben, nämlich negativen Resultat.

Dies Ergebniss wurde auch nicht geändert, als ich statt gewöhnlichen Wassers Faulflüssigkeiten (Fleischwasser, Harn) oder mit faulem Blut verunreinigtes Wasser benutzte. In allen

diesen Versuchen zeigten sich die Eier bei der Eröffnung vollkommen intact; zwar rochen die in faulem Harn gelegenen Eier im Innern etwas ammoniakalisch, doch war das Eiweiss unzersetzt und H_2S nicht nachweisbar. Hieraus lässt sich schliessen, dass die für gewöhnlich im Wasser enthaltenen fäulnisserregenden Stoffe den Hühnereiern nicht durch Diffusion zugehen können, also höchst wahrscheinlich körperlicher Natur sind.

Diese Schlussfolgerung erwies sich als vollkommen richtig durch eine Reihe von Infectionsversuchen, welche ich mit filtrirtem Brunnenwasser anstellte. Dasselbe Brunnenwasser, welches zu den Versuchen der ersten Reihe gedient hatte und also durch organische Stoffe nachweislich verunreinigt war, wurde durch frisch ausgeglühte Thonzellen mittelst der Bunsen'schen Wasserluftpumpe filtrirt und das Filtrat in einem sorgfältig gereinigten Glasgefäss aufgesammelt. Von diesem absolut klaren und bei microscopischer Prüfung körperchenfreien Filtrat, welches jedoch alle die vorerwähnten gelösten Stoffe, die Kalk- und Magnesiasalze, die Chloride, Salpetersäure und salpetrige Säure in unveränderter Zusammensetzung enthielt, wurde wiederum 4 Hühnereiern je 0,3—0,5 Ccm. in der üblichen Weise injicirt. Bei der Eröffnung derselben nach 12 Tagen zeigte sich der Inhalt derselben völlig unverändert; weder durch Geruch und Geschmack, noch durch Farbe und morphologisches Verhalten waren Veränderungen irgend welcher Art wahrzunehmen. Es verhielten sich demnach diese Eier genau so, wie diejenigen welche mit gekochtem Brunnenwasser inficirt worden waren.

Es kann demnach keinem Zweifel unterliegen, dass es körperliche, durch Hitze zerstörbare und durch Filtration oder Diffusion entfernbare organische Stoffe sind, welche die fäulnisserregende Wirkung des gewöhnlichen Brunnenwassers bedingen.

Ob diese Stoffe (Fermente) einen regelmässigen Bestandtheil des terrestrischen Wassers bilden, oder ob sie nur unter besonderen örtlichen und zeitlichen Bedingungen in demselben sich finden, lässt sich natürlich aus diesen wenigen Versuchen noch nicht mit Bestimmtheit schliessen. Zu diesem Zwecke würden die Versuche in weit grösserem Maassstabe mit Brunnenwasser der verschiedensten Localitäten und zu verschiedenen Zeiten auszuführen sein. Der Umstand jedoch, dass das frisch abdestillirte,

chemisch reine Wasser, welches für sich die Eigenschaft, Fäulniss zu erregen, noch nicht besitzt, diese Eigenschaft nach längerer Berührung mit der atmosphärischen Luft oder den Gefässen regelmässig erlangt, macht es in hohem Grade wahrscheinlich, dass Fäulnissfermente in grosser Verbreitung in der Natur vorkommen und, sei es durch die Luft, sei es durch die Berührung mit festen Gegenständen, dem Wasser mit solcher Häufigkeit zugeführt werden, dass fast keine der zum täglichen Bedarf verwendeten Wassersorten von ihnen frei gefunden wird.

Die Ergebnisse der vorstehenden Versuche sind auch in praktischer Hinsicht von grosser Wichtigkeit, da sie zeigen, wie leicht unsere im gewöhnlichen Leben benutzten Wassersorten, wenn sie, wie so häufig, mit fäulnissfähigen organischen Stoffen, z. B. Nahrungsmitteln, Excrementen, Abfällen aus der Wirthschaft, Wundsecreten u. dergl., in Berührung kommen, die Ursachen der Zersetzung dieser Stoffe werden können. —

Gehen wir nun zur Prüfung der fäulnisserregenden Eigenschaft der Luft über, so haben wir uns zunächst der Thatsachen zu erinnern, welche in dieser Beziehung bereits früher erwähnt wurden.

Durch Priestley, Gay-Lussac, Schwann, Paschutin und zahlreiche andere Forscher ist festgestellt, dass reine atmosphärische Luft, und zwar ausschliesslich der in dem Gasgemenge der Luft enthaltene Sauerstoff, ebenso wie das reine Wasser, für das Zustandekommen von Fäulniss zwar nothwendig ist.

Aber die reine sauerstoffhaltige Luft für sich allein ist es nicht, wie früher bereits nachgewiesen wurde, welche den Fäulnissprocess anregt. Es kommen nur gewisse Umsetzungen bei Gegenwart von reinem Sauerstoffgas zu Stande; eigentliche, stinkende Fäulniss unterbleibt, wenn nicht die Luft als Ganzes Zutritt hat.

Dass von den gasigen Bestandtheilen der atmosphärischen Luft nur der Sauerstoff allein in Betracht kommt, ist bereits von Paschutin[1]) auf das Ueberzeugendste nachgewiesen worden. In

[1]) V. Paschutin: Einige Versuche über Fäulniss und Fäulnissorganismen. Virchow's Archiv, Bd. 59, Heft 3 u. 4.



einer grossen Versuchsreihe prüfte er den Einfluss des Gasgemenges der atmosphärischen Luft, sowie der einzelnen in der Luft enthaltenen Gase auf fäulnissfähige, in langen Glasröhren eingeschmolzene Muskelstückchen und Muskelinfuse. Die ganze Luft wurde theils gereinigt (geglüht), theils ungereinigt in den Glasröhren eingeschmolzen, der Sauerstoff, Stickstoff und andere Gase (CO, CO_2, NO_2) in chemisch reinem Zustande zu den Versuchen verwendet. Die Einführung derselben geschah in der Weise, dass das betreffende Gas $^1/_2$ — 1 Stunde lang durch die vorher ausgeglühte, mit den Muskelstückchen beschickte Glasröhre hindurchgeleitet wurde; während des Durchströmens wurden dann die ausgezogenen Enden derselben vor der Flamme zugeschmolzen. Die Dauer der Einwirkung erstreckte sich auf 2 bis 10 Monate.

Paschutin fand hierbei, dass die Veränderungen des Muskels sowohl in der gereinigten, als in der nicht gereinigten Luft und im reinen Sauerstoffgas im Wesentlichen die gleichen waren und sich nur quantitativ, d. h. in der Schnelligkeit der Zersetzung, von einander unterschieden. Die Fäulniss geht schneller in der nicht gereinigten, als in der geglühten Luft vor sich, während sie in reinem Sauerstoff ungefähr die Mitte hält. Die Veränderungen bestanden in Verfärbung, peripherischer Schmelzung, lebhaftem Fäulnissgeruch, stark alkalischer Reaction und Anwesenheit einer grossen Zahl von Micrococcen und Bacterien[2]).

Wurde Stickstoff zu diesen Versuchen verwendet, so zeigten die Muskeln selbst nach mehreren Monaten höchstens geringe Veränderungen in der Farbe und auf der Oberfläche kleine Klümpchen von Tyrosin; die Flüssigkeit jedoch blieb klar, frei von Geruch und frei von niederen Organismen. Die Reaction war in diesem Falle merkwürdigerweise stets sauer, während die mit Luft oder Sauerstoff in Berührung befindlichen Flüssigkeiten immer alkalisch reagirten.

---

[1]) Diese Versuche gestatten, so sorgfältig sie ausgeführt sind, doch keine sehr weitgehenden Schlussfolgerungen bezüglich der Frage von der fäulnisserregenden Eigenschaft der atmosphärischen Luft, da, wie später gezeigt werden wird, lebende thierische Gewebe (Muskel), ebenso wie das destillirte Wasser, mit welchem die Muskelstückchen befeuchtet wurden, bereits Keime niederer Organismen und Fermente der Fäulniss enthalten können. In einem solchen Falle ist es natürlich für den Erfolg des Versuches vollkommen gleichgültig, ob man die hinzutretende Luft glüht oder nicht, oder ob man statt derselben reines Sauerstoffgas nimmt. Dass in obigen Versuchen das Fleisch oder das Wasser thatsächlich Fermente der Fäulniss enthalten hat, scheint aus dem reichlichen Auftreten von Organismen hervorzugehen.



Aus diesen Versuchen geht also hervor, dass von den gasigen Bestandtheilen der Luft nur der Sauerstoff fähig ist, den Fäulnissprocess zu unterhalten, dass dagegen die Fäulniss immer schneller und intensiver verläuft, wenn die staubhaltige Luft als Ganzes Zutritt hat, wie dies auch bei natürlich verlaufenden Fäulnissprocessen in der Regel der Fall ist. Es muss also in dem Staube der Luft jedenfalls noch eine Substanz enthalten sein, welche für für den Verlauf des Fäulnissprocesses von wesentlichem Einflusse ist und die Eigenschaft, Fäulniss hervorzurufen, in höherem Grade besitzt, als der reine Sauerstoff.

Diese Annahme ist nun durch die wichtigen und grundlegenden Fäulnissversuche der Panspermatiker zur sicheren Thatsache geworden. Alle die früher genannten Forscher beschränkten sich in ihren Versuchen nicht blos darauf, die Gegenwart von Keimen niederster Organismen in der Luft festzustellen, sondern prüften gleichzeitig auch die gärung- und fäulnisserregende Wirkung dieses keimführenden Staubes.

Der erste Forscher dieser langen Reihe, Fr. Schulze (1836), erwähnt in seinen Versuchen noch nichts von eingetretener oder ausgebliebener Fäulniss bei Anwendung von Luft, welche durch Schwefelsäure gewaschen worden war. Dagegen verdanken wir Th. Schwann[1]) (1837) hierüber sehr wichtige Aufschlüsse. Er benutzte in den bereits beschriebenen Versuchen Muskelfleisch, welches in Kolben mit Wasser bedeckt und dann längere Zeit tüchtig gekocht wurde. Durch diese Kolben wurde mehrere Wochen hindurch mittelst des Gasometers geglühte, also von allem organischen Staube befreite atmosphärische Luft hindurchgeleitet. In mehreren derartigen Versuchen trat nach Ablauf dieser Zeit „keine Infusorien- oder Schimmelbildung und keine Fäulniss ein, sondern das Fleisch blieb unverändert und die Flüssigkeit so klar, wie sie nach dem Kochen war“. Wurden die Kolben nach beendetem Versuch geöffnet, so dass nun gewöhnliche, staubhaltige Luft Zutritt hatte, so faulten die Fleischaufgüsse schon in wenigen Tagen, als ob sie eben erst gekocht und der Luft exponirt worden wären. Diese Versuche wurden später mehrfach wiederholt und ergaben immer das nämliche Resultat.

Hieraus zog Schwann folgende bemerkenswerthen Schlüsse:

---

[1]) Gilbert's Annalen d. Physik u. Chemie, 1837, Bd. 41, S. 184.

1) „Eine gekochte organische Substanz oder eine gekochte, vorher gärungsfähige Flüssigkeit geräth nicht in Fäulniss resp. in Gärung, wenn auch hinlänglicher Zutritt von atmosphärischer Luft, die aber ausgeglüht worden ist, stattfindet.

2) Zur Fäulniss, wie zur Gärung, überhaupt zu Processen, wobei neue Thiere oder Pflanzen zum Vorschein kommen, muss entweder ungekochte organische Substanz da sein, oder nicht ausgeglühte atmosphärische Luft zugeführt werden".

Ob diese Fermente niedere Organismen sind, wie die Coincidenz der Entwicklung dieser letzteren mit dem Eintritt und dem Verlauf der fauligen Zersetzung von Anfang an nahe legte und wie auch Schwann bereits in ganz bestimmter Weise aussprach, diese Frage lassen wir vorläufig hier unerörtert.

Einen Schritt weiter gingen H. Schröder und v. Dusch[1]) in ihren Versuchen mit filtrirter Luft. Genau nach der oben beschriebenen Versuchsanordnung wurden nämlich folgende Versuche von ihnen ausgeführt.

In der ersten Versuchsreihe wurde am 9. Februar 1853 ein mit Fleisch und Wasser gefüllter, tüchtig gekochter Kolben in den beschriebenen Saugapparat eingeschaltet, in welchem die hinzutretende Luft vorher durch eine 20 Zoll lange Baumwollenschicht filtrirt und vollständig staubfrei gemacht worden war. Ein anderer Kolben mit einer eben solchen Abkochung wurde offen der Luft ausgesetzt. Diese letztere entwickelte schon in der zweiten Woche einen so unerträglichen Fäulnissgeruch, dass der Kolben aus dem Laboratorium entfernt werden musste. Der Inhalt des ersten Kolbens dagegen zeigte sich nach 23 Tagen „noch völlig unverändert und ohne Spur von Geruch".

In einer zweiten Versuchsreihe wurden Fleischaufgüsse einer vierfachen Behandlungsweise unterworfen, nämlich

a) mit filtrirter Luft behandelt,
b) offen der gewöhnlichen Luft ausgesetzt,
c) nur durch eine ganz enge Glasröhre mit der Luft verbunden und

[1]) Heinr. Schröder und Theod. v. Dusch (Mannheim): Ueber Filtration der Luft in Beziehung auf Fäulniss und Gärung. Annalen d. Chemie u. Pharmacie, 1854, Bd. 89, S. 232—234. — H. Schröder: Ueber Filtration der Luft in Beziehung auf Fäulniss, Gärung und Krystallisation. Ebenda, 1859, Bd. 109, S. 35—52. — Derselbe: ebenda, 1861, Bd. 117, S. 273—294.



d) in einem Kolben angesetzt, dessen Hals nur ganz lose mit einem Baumwollenpfropf verstopft worden war.

Das Resultat dieser Versuche ist sehr beachtenswerth. Die Flüssigkeit im offenen Kolben (b.) faulte am schnellsten und zeigte schon nach 8 Tagen intensive, stinkende Zersetzung; die Flüssigkeit c. zeigte nach 9 Tagen Schimmelbildung, welche nach Verlauf von 19 Tagen sehr reichlich wurde, ferner einen „mulstrigen Schimmelgeruch", aber keine Fäulniss. Die durch ein Baumwollenfilter von dem atmosphärischen Staube abgeschlossenen Kolben a. und d. dagegen zeigten nach 24 Tagen weder Schimmelbildung noch Fäulniss[1]); die Flüssigkeiten besassen unveränderten Geruch und Geschmack und zeigten sich nach dem Kochen noch völlig geniessbar.

Durch diese Versuche war also festgestellt, dass frisch abgekochtes Fleisch und Fleischbrühe mehrere Wochen unverändert bleiben, wenn nur solche Luft Zutritt hat, welche vorher durch Baumwolle filtrirt worden ist. —

Später setzte Schröder allein diese Versuche mit mannigfachen anderen organischen Substanzen fort. Es waren dies nicht bloss fäulnissfähige, stickstoffhaltige Materien, sondern auch gärungsfähige Stoffe, als Bierwürze, Zucker und Stärkekleister, welche grösstentheils, wenn vorher gekocht, in filtrirter Luft ein übereinstimmendes Verhalten zeigten. Eine sehr auffällige Ausnahme hiervon macht nur Milch, Eigelb und Fleisch ohne Wasserzusatz; diese Substanzen gingen, wenn kurze Zeit gekocht, auch in gereinigter Luft fast ebenso schnell in Fäulniss über, als in nicht gereinigter. Erst lange fortgesetztes Kochen oder die Einwirkung höherer Temperatur hob die Fäulnissfähigkeit dieser Substanzen auf. Von diesen Ausnahmen so wie der Ursache derselben wird weiter unten genauer die Rede sein.

Im Ganzen kommt Schröder[2]) nach seinen sehr zahlreichen und sorgfältig angestellten Versuchen zu dem Schluss, „dass fast

---

[1]) Schröder giebt an, dass in den beiden letzten Gefässen das Fleisch an einzelnen Stellen ein weissliches Aussehen bekommen zu haben schien. Möglicherweise beruht dies auf der Ausscheidung von Leucin und Tyrosin, welche beiden Stoffe sich nach Paschutin's Versuchen auch bei völligem Luftabschluss bilden können. Wahrscheinlich aber sind es Ausscheidungen von Fett, welche bei stagnirenden Mischungen von Fleisch und Wasser nicht selten vorkommen (vgl. oben Rindfleisch).

[2]) Annalen der Chemie und Pharmacie, 1859, Bd. 109, S. 44.

alle organischen Körper, als Blut und Blutfaserstoff, Eiweiss, Casein, Zieger, Molken, Milchzucker, Rübenzucker und Rohrzucker, Stärkekleister, Harn u. s. w., bis zum Kochen in einem Kolben erhitzt und heiss mit Baumwolle lose verpfropft, Monate und Jahre lang völlig unverändert bleiben, obgleich die Luft, nachdem sie durch die Baumwolle filtrirt ist, ungehindert Zutritt hat.... Es liegt nahe, anzunehmen, dass die frische Luft eine active Substanz enthalte, welche die Erscheinungen der Gärung und Fäulniss einleitet, welche durch Hitze zerstört und durch Filtration der Luft über Baumwolle aus derselben zurückgehalten wird. Ob man sich unter dieser activen Substanz in der Luft schwebende kleine microscopische, organisirte Keime im Sinne der bekannten Hypothese Schwann's zu denken habe oder eine bis jetzt unbekannte chemische Substanz, mag dahin gestellt bleiben“.

Wir sehen, dass dieser von Schröder im Jahre 1859 ausgesprochene Satz bereits Alles enthält, was wir heute über die Verbreitung der Fäulnissfermente in der Luft wissen. Schröder kann daher mit Recht als der eigentliche Begründer der folgewichtigen Lehre von den atmosphärischen Fermenten angesehen werden. Wie wir an seinen Versuchen den ruhigen Scharfblick und die wissenschaftliche Ausdauer bewundern müssen, so giebt er sich in diesen seinen Schlussfolgerungen als der besonnene und massvolle Forscher zu erkennen, der sich der Grenzen der gewonnenen Erkenntniss vollkommen bewusst ist. Ich hebe diesen letzteren Umstand gerade deswegen besonders hervor, weil spätere Forscher aus den oben beschriebenen Versuchen viel weiter gehende Schlüsse gezogen haben, als der Autor selbst. Namentlich hat man in den Fäulnissversuchen der Panspermatiker einen directen Beweis dafür erblickt, dass die im Staube der Luft enthaltenen Fäulnissfermente mit den gleichfalls darin gefundenen Keimen niederster Organismen, die sich in faulenden und gärenden Stoffen vermehren, identisch seien. Dieser Beweis ist aber, wie leicht ersichtlich, durch die Glüh- und Filtrirversuche von Schwann, Schröder, und v. Dusch durchaus nicht geliefert, wenn auch ein solcher Schluss aus anderen Gründen nahe liegt.

Die nachfolgenden Fäulnissversuche ordnen sich in ganz derselben Reihenfolge, wie sie für die Lehre von der Panspermie ausgeführt und bereits erwähnt worden sind. Zunächst wiederholte

van den Broek[1]) (1858) die Versuche von Schwann und Schröder und konnte bestätigen, dass die Fäulniss thierischer Substanzen bewirkt wird durch ein in der Atmosphäre enthaltenes körperliches Agens, welches sich durch Baumwolle zurückhalten lässt und durch Glühhitze zerstört wird.

Einen weiteren Beweis für die körperliche Natur der atmosphärischen Fermente lieferte H. Hoffmann[2]), indem er zeigte, dass man gekochte organische Substanzen gleichfalls frisch erhalten könne, wenn man nur das Hineinfallen des Staubes aus der Luft in die Gefässe mechanisch hindere. Die Fleischaufgüsse hielten sich wochenlang unverändert und blieben während dieser Zeit auch frei von niedersten Organismen, wenn der Hals der Retorte spitzwinkelig nach unten umgebogen wurde; durch das Kochen wurde vorher alle Luft aus der Retorte ausgetrieben und das Eindringen von Staub bei der langsamen Abkühlung durch die Abwärtsbiegung des Halses verhindert.

Fast gleichzeitig, aber unabhängig von Hoffmann, hatte Chevreul denselben Versuch in der Weise ausgeführt, dass er den lang ausgezogenen und rechtwinkelig umgebogenen Hals der Retorte mehrfach seitlich krümmte; auch hier blieben Gärung und Fäulniss in den gekochten organischen Substanzen trotz der freien Communication mit der atmospärischen Luft aus.

Hieran schliessen sich nun die zahlreichen und mannigfachen Versuche, welche Pasteur[3]) über die atmosphärischen Fermente der Gärung und Fäulniss anstellte. Dieselben waren mehr darauf gerichtet, die Gegenwart und die Betheiligung der in der Atmo-

---

[1]) Annalen der Chemie und Pharmacie, 1860, Bd. 115, S. 75. J. van den Broek huldigt dabei der Ansicht v. Liebig's, dass das Ferment der Fäulniss ein chemischer, in Zersetzung begriffener Körper ist, welcher durch Uebertragung der chemischen Bewegung auf die fäulnissfähige Substanz die Zersetzung bewirkt. Dieses Ferment erlangt seine Fähigkeit, Fäulniss zu erregen, nicht durch Berührung mit dem Sauerstoff der Luft, sondern mit eben jenem in der Atmosphäre enthaltenen Agens, welches durch Baumwolle zurückgehalten und durch Siedehitze zerstört wird. Für die Alkoholgärung dagegen erkennt er die Hefezellen als biochemische Gärungserreger an. (Vergl. auch Annalen der physikalischen und chemischen Section der Provincialgesellschaft für Kunst und Wissenschaft zu Utrecht, Jahrg. 1858.)

[2]) Botanische Zeitung. Jahrg. 1860, No. 5 u. 6.

[3]) L. Pasteur: Mémoire sur les corpuscules organisés, qui existent dans l'atmosphère. Annales de Chimie et Physique, 1862, Bd. 64, p. 1—110. — Vergl. auch L. Pasteur: Examen du rôle attribué au gaz oxygène atmosphèrique dans la déstruction des matières animales et végetales après la mort. Compt. rend. Bd. 56, p. 734.



sphäre enthaltenen Organismen an dem Fäulnissprocess nachzuweisen, liefern jedoch zugleich eine neue Bestätigung der durch die früheren Versuche bereits erhärteten Thatsache, dass es wesentlich der Staub der Luft ist, welcher in gekochten organischen Substanzen die Gärung und Fäulniss anregt, und dass die Gärung und Fäulniss dieser Substanzen eben so, wie die Entwicklung niederster Organismen in derselben, sich verhindern lässt, wenn man den Staub der Luft entweder durch Glühen zerstört oder mechanisch (durch Filtration oder Senkung) aus derselben entfernt. Ich muss auf eine genauere Wiedergabe seiner mannigfachen Versuche verzichten, um Wiederholungen des bereits Gesagten zu vermeiden. Nur ein Versuch, welcher bei relativ einfacher Technik durch eine überzeugende Beweiskraft ausgezeichnet ist, scheint mir hier besonders erwähnenswerth.

Es ist dies der schon genannte Versuch mit der gebogenen Röhre, der eigentlich von Chevreul herrührt; derselbe hat dadurch noch eine ganz besondere Bedeutung erlangt, dass er ausgeführt wurde in Gegenwart einer fachwissenschaftlichen Commission, welche von der Pariser „Académie des sciences“ zur Prüfung der Pasteur'schen Resultate eingesetzt worden war[1]). — In einen Glaskolben, dessen lang ausgezogener Hals mehrmals zickzackförmig hin und her gebogen war, wurde eine Hefeabkochung gethan und letztere dann längere Zeit hindurch bis zum Sieden erhitzt. Durch das Kochen wurden alle in der Flüssigkeit enthaltenen Keime zerstört, während die sich bildenden heissen Wasserdämpfe die in dem Kolben enthaltene staubhaltige Luft hinausdrängten. Nach beendetem Kochen liess man den Kolben langsam erkalten und sodann mit offener Mündung bei einer Temperatur von 25—30° C. Tage und Wochen lang stehen. Die Luft konnte mit der in dem Gefäss enthaltenen Flüssigkeit frei communiciren; sie wurde in demselben auch regelmässig und ganz von selbst erneuert, indem während der wärmeren Tageszeit, wie Pasteur ausführt, die Luft in dem Kolben sich ausdehnt und nach aussen tritt, während des Nachts in Folge des Sinkens der Temperatur die Luft im Kolben sich wieder zusammenzieht und neue Luft von aussen hineinsaugt. Trotzdem blieb die Flüssigkeit Wochen hindurch vollkommen klar und unzersetzt.

[1]) Vergl. A. W. Schultze: Ueber Lister's antiseptische Wundbehandlung. Sammlung klin. Vorträge, No. 52, S. 6.



Der Staub der Luft war also offenbar beim langsamen Hindurchstreichen durch die Röhre an den Krümmungen derselben liegen geblieben. Dies bewies Pasteur noch schlagend durch den directen Versuch. Er schmolz nämlich die Spitze der Röhre vor der Flamme zu und brachte das Hefedecoct durch Neigen und Schütteln des Kolbens mit dem an den Krümmungen haftenden Staube in innige Berührung. Obwohl jetzt die äussere Luft keinen Zutritt mehr hatte, erfolgte doch schon in wenigen Tagen Zersetzung der Flüssigkeit und Trübung durch reichlich sich entwickelnde Vibrionen und Mucorineen.

Aus allen diesen Experimenten von Schwann an bis auf Pasteur geht hervor, dass die atmosphärische Luft mit ihren gasigen und staubförmigen Bestandtheilen für das Zustandekommen von Fäulnissprocessen wohl eines der bedeutungsvollsten Momente ist. Sie liefert den für den Chemismus der Zersetzungen und das Leben der niederen Organismen nothwendigen Sauerstoff; sie führt todten organischen Stoffen mit ihrem Staube die Fermente zu, welche die Zersetzung in denselben anregen, und streut gleichzeitig auf sie die Keime aller derjenigen niedersten Geschöpfe aus, welche durch ihr Leben und ihre Vermehrung an den Zersetzungsprocessen thätigen Antheil nehmen.

Mit diesen Eigenschaften der atmosphärischen Luft sind drei wichtige Bedingungen für das Zustandekommen von Fäulniss gegeben. Es erklärt sich hieraus die bekannte Thatsache, dass die aus dem Haushalt der lebenden Natur als todt oder unbrauchbar ausgeschiedenen Stoffe gewöhnlich mit solcher Leichtigkeit, ja Regelmässigkeit in Fäulniss übergehen, da sie eben von der überall gegenwärtigen Luft mit ihren Keimen und Fermenten beständig umspült werden. —

Die durch die Panspermatiker festgestellte Erfahrung, dass die Zersetzung in gärungs- und fäulnissfähigen Stoffen ausbleibt, wenn man den Staub der Luft unwirksam macht oder fern hält, gewährt nun auch die Möglichkeit, zersetzungsfähige organische Stoffe, wo dies erforderlich ist, selbst beim Vorhandensein aller Bedingungen, vor Gärung und Fäulniss zu schützen.

Es ist klar, dass man in vegetabilischen und animalischen Substanzen, z. B. Nahrungsmitteln, ganz nach Analogie jener Fäulnissversuche, mit grosser Sicherheit den Eintritt der Zersetzung verhindern kann, wenn man die betreffenden Substanzen eine Zeit

lang vorher kocht und die zu denselben hinzutretende Luft entweder glüht, filtrirt oder auf irgend eine andere Weise vom Staube reinigt.

Diese Methode der Conservirung wird nun allerdings im praktischen Leben für gewöhnlich nicht angewandt, einfach aus dem dem Grunde, weil sie immer mehr oder weniger umständlich ist. Man begnügt sich vielmehr gewöhnlich damit, wie wir früher gesehen haben, die Luft in toto abzuschliessen und die vorher gekochten organischen Substanzen in undurchlässigen Behältern einzulöthen oder zu überfirnissen, durch welches Verfahren augenscheinlich dasselbe geleistet wird.

Wichtiger ist die Anwendung, welche die obigen Versuchsergebnisse in der praktischen Chirurgie gefunden haben. Indem der englische Chirurg Jos. Lister die Verhältnisse einer der Luft exponirten zersetzungsfähigen Substanz mit den Verhältnissen einer frisch angelegten, noch nicht inficirten Wunde bezw. ihren zersetzungsfähigen Wundsecreten verglich, ersann er ein Verfahren, welches die Wirkung hatte, diese Wunde bezw. deren Secrete vor dem Eintritt fauliger Zersetzung zu schützen und damit der ganzen Heerschaar von accidentellen Erkrankungen vorzubeugen, welche den Heilungsvorgang in der Wunde stören oder das Leben des Patienten in Gefahr setzen.

Ohne auf die Technik dieses Verfahrens näher einzugehen, sei hier nur auf das Princip hingewiesen, welches ihn bei seiner Methode leitete, nämlich: jede Verunreinigung derselben mit fremden Stoffen und Fäulnissfermenten sorgfältig fern zu halten. Er erreicht dies durch Desinfection der Hände und Instrumente, welche mit der Wunde in Berührung kommen, durch Desinfection der atmosphärischen Luft mittelst eines Zerstäubungsapparats (Carbolspray) und durch Desinfection der auf die Wunde gelegten Verbandstoffe; gleichzeitig ist auch für andere wichtige Bedingungen der Wundheilung, z. B. Ableitung und Aufsaugung des Secrets (Drainage), Reizlosigkeit der Ligaturen und Nähte, und Ruhe des verwundeten Theils auf das Beste gesorgt. Als Desinfectionsmittel bezw. Antisepticum dient ihm die Carbolsäure in 1—$2^1/_2$ procentigen Lösungen, seltener die Borsäure und das Chlorzink; von andern Chirurgen werden in neuester Zeit auch Salicylsäure, Benzoësäure, Thymol und andere Substanzen benutzt. Die beispiellosen, früher für unmöglich gehaltenen

Erfolge, welche Lister selbst und andere Chirurgen mit diesem Verfahren bei Operationswunden der grössten und gefährlichsten Art erzielten, haben gegenwärtig der „antiseptischen Wundbehandlung" in der Chirurgie Englands und Deutschlands das volle Bürgerrecht und die ungetheilte, nicht selten sogar begeisterte Anerkennung verschafft. Die gefährlichsten Hospitalkrankheiten, wie Hospitalbrand und Erysipelas, sind seit der Einführung der antiseptischen Methode in vielen Kliniken geradezu zur Seltenheit geworden. Schwierige, früher unbedingt lebensgefährliche Operationen, wie die Amputation grösserer Gliedmassen, die Eröffnung der Gelenke und Leibeshöhlen, die Exstirpation umfangreicher Geschwülste u. s. w., werden jetzt fieberlos, ohne Eiterung und ohne entzündliche Reaction zur Heilung gebracht. —

Sowohl in der Wundbehandlung, als auch in der theoretischen Fäulnissfrage machten sich indessen sehr bald gewisse Gegensätze und scheinbare Widersprüche geltend, auf die ich hier der praktischen Wichtigkeit wegen etwas näher eingehen muss.

Während nämlich Lister zeigte, dass man durch die „antiseptische Occlusion" der Wunden Zersetzungsvorgänge im Bereiche derselben und damit accidentelle Wundkrankheiten mit einer gewissen Sicherheit verhüten könne, lehrten die Erfolge der schon seit längerer Zeit von einzelnen Chirurgen geübten offenen Wundbehandlung (Vincenz Kern, Bartscher, Burow, Rose, Krönlein), dass man nicht minder günstige Resultate bei frischen Wunden erzielen kann, wenn man dieselben mit Hintansetzung aller antiseptischen Cautelen der Einwirkung der atmosphärischen Luft offen preisgiebt[1]). In der That weisen die von den letztgenannten Chirurgen mitgetheilten Erfahrungen bezüglich der Zahl der Heilungen und der Vermeidung accidenteller Wundkrankheiten überraschend günstige Resultate auf. Dennoch besteht zwischen dem ängstlichen Desinficiren und Fernhalten der atmosphärischen Schädlichkeiten und der rückhaltlosen Preisgabe der Wunde allen jenen atmosphärischen Schädlichkeiten augenscheinlich der grösste Gegensatz.

---

[1]) Die Wunden werden bei der offenen Wundbehandlung ohne jeden Verband gelassen, bleiben während der ganzen Heilungsdauer unbedeckt und werden höchstens noch in einzelnen Fällen mit einer Glasglocke oder einem Drahtgestell überdacht, um directe Berührungen der Wunde mit anderen Gegenständen zu vermeiden.



Ein ganz ähnliches Verhalten hat sich neuerdings in der theoretischen Fäulnissfrage herausgestellt. Während man nämlich aus den Versuchen der Panspermatiker schliessen musste, dass die atmosphärische Luft relativ reich an Fäulnissfermenten sei und die Infection todter Substanzen mit Fäulnisserregern vorzugsweise durch die Luft erfolge, haben in den letzten Jahren Sanderson, Rindfleisch und F. Cohn Versuche mitgetheilt, welche diese Schlussfolgerung nur theilweise bestätigen, zum Theil sogar derselben widersprechen. Sanderson[1]) hatte nämlich die oben genannten Fäulnissversuche mit allen Cautelen wiederholt; er hatte in sorgfältig gereinigten Gefässen eine grosse Reihe von gekochten organischen Substanzen, z. B. Blut, Harn, Speichel, Eiter, Milch, Hühnereiweiss und verschiedene chemische Lösungen, in seinem Laboratorium offen der Luft ausgesetzt, so dass dieselbe mit allen ihren staubförmigen Ingredientien freien Zutritt hatte. Es zeigte sich dabei, dass diese Substanzen gerade so, wie in den Versuchen der Panspermatiker, wochenlang vor Fäulniss bewahrt blieben. Nach kürzerer oder längerer Zeit entwickelten sich allerdings fast regelmässig auf der Oberfläche derselben Schimmelvegetationen; doch blieben Bacterienentwickelung und Zersetzung mit Gestank während der ganzen Dauer der Beobachtung aus. Dagegen erfolgte in den genannten Substanzen alsbald und ausnahmslos Fäulniss, wenn dieselben mit gewöhnlichem, ungekochtem Wasser übergossen wurden, oder wenn sie in nicht gereinigten Gefässen ausgesetzt und mit nicht gereinigten Utensilien behandelt waren. Sanderson schliesst daraus, dass die Infection organischer Stoffe mit Fäulnissfermenten, nicht, wie man früher annahm, durch die Luft, sondern vorzugsweise durch das Wasser, durch unreine Instrumente und Utensilien erfolge.

Dieses auffällige Resultat wurde fast gleichzeitig im Jahre 1872 durch ganz analoge Versuche von Rindfleisch[2]) bestätigt.

Rindfleisch hatte in ausgeglühten oder mit concentrirtem Alkohol gereinigten Flaschen mit plattem Boden und 1,5 Ctm. weitem Hals frische Muskelstückchen, für sich oder mit reinem

---

[1]) Sanderson: II. Report of researches concerning the intimate Pathology of contagion. London, 1871.

[2]) Rindfleisch: Untersuchungen über niedere Organismen. Virchow's Archiv, 1871, Bd. 54, p. 404—407.



destillirten Wasser, offen der Luft exponirt, indem er dieselben theils am offenen Fenster seines Laboratoriums, theils an dem Geländer der Plattform seines Hauses befestigte. Trotzdem also hier die atmosphärische Luft in ausgiebigster Weise Zutritt hatte, erfolgte doch eine Bacterienentwickelung oder Fäulniss des Fleisches nicht. Auch in diesen Versuchen entwickelten sich gewöhnlich schon nach einigen Tagen Schimmelrasen (penicillium). In einige der Flaschen mit reinem Muskelfleisch regnete es sogar hinein, so dass nach einiger Zeit die Stückchen halb unter Wasser lagen. Am 5. Tage entstanden darauf zahlreiche Penicilliumrasen an der Oberfläche des Wassers; aber keine Entwickelung von Schizomyceten und kein Fäulnissgeruch war wahrnehmbar. Die einzigen Veränderungen, welche das Muskelfleisch nach einigen Tagen zeigte, war ein ganz schwach säuerlicher Geruch, welcher mit dem Eintritt der Pilzvegetation wieder verschwand, und eine Ausscheidung von Fetttröpfchen, welche das Wasser leicht milchig trübten. „Ein Stück Muskelfleisch, halb eingetaucht in Wasser, halb frei der Einwirkung einer warmen Sommeratmosphäre ausgesetzt, befindet sich ohne Zweifel unter Bedingungen, welche der Fäulniss äusserst günstig sind; aber es fault nicht, weil sich keine Erreger der Fäulniss (aus der Luft) auf ihm ansiedeln". Andere Präparate, welche mit gewöhnlichem destillirten Wasser übergossen und ebenso behandelt wurden, waren während dieser Zeit in die „aashafteste Fäulniss" übergegangen.

Rindfleisch schliesst aus diesen Versuchen, dass die Luft für gewöhnlich, namentlich wenn es viel geregnet hat, zwar sehr viel Pilzsporen, aber keine Fäulnissfermente (Schizomyceten) enthält.

Durch die Versuche von Sanderson angeregt, unternahm sodann Ferd. Cohn in Breslau im Jahre 1872 eine neue Versuchsreihe unter ähnlichen Bedingungen. Er konnte dabei die Resultate dieses Forschers vollkommen bestätigen; namentlich blieben einfache Lösungen fäulnissfähiger Substanzen an der Luft in der Regel vor Fäulniss bewahrt, nicht aber vor dem Schimmeln. Andere gekochte organische Substanzen hingegen blieben nur zum Theil von fauliger Zersetzung frei, zum Theil gingen sie mehr oder weniger schnell in Fäulniss über. Infection der gekochten Substanzen mit gewöhnlichem Wasser dagegen rief

in allen Fällen augenblicklich die Fäulniss hervor. Auch Cohn[1]) kommt daher zu dem Ergebniss, „dass, entgegen der Annahme der Panspermatiker, die Infection mit Fäulnisserregern durch die Luft nur schwierig geschieht, vermuthlich weil dieselbe nicht reich genug von denselben erfüllt ist“.

Wir haben es hier also mit einem höchst auffallenden und jedenfalls beachtenswerthen Widerspruch zu thun. Auf der einen Seite steht die in ganz überzeugender Weise erhärtete Thatsache, dass fäulnissfähige Substanzen, welche in filtrirter oder geglühter Luft nicht in Fäulniss übergingen, bei Berührung mit dem Staube sofort zersetzt wurden; auf der andern Seite tritt uns die wiederholt bestätigte Erfahrung zuverlässiger Beobachter entgegen, dass fäulnissfähige Substanzen auch in nicht filtrirter und in nicht geglühter Luft, also bei ungehindertem Zutritt der atmosphärischen Fermente, wochenlang unzersetzt bleiben.

Es fragt sich nun, wie dieser Widerspruch zu lösen ist. Am einfachsten dürfte wohl die Erklärung sein, dass der Gehalt der atmosphärischen Luft an Fäulnissfermenten nach Ort und Zeit ein sehr verschiedener ist. Wenn wir an die meist gut ventilirten, luftigen und lichtvollen Räume unserer heutigen Laboratorien denken, im Gegensatz zu den Arbeitsstätten, in welchen Schulze, Schröder, Schwann, v. Dusch u. a. vor dreissig bis vierzig Jahren ihre Fäulnissversuche anstellten, so dürfte diese Annahme in der That einige Berechtigung haben. Diese Erklärung wird auch von manchen Forschern acceptirt. Für eine andere Reihe von Versuchen hingegen möchte ich nametlich den Umstand geltend machen, dass es sich hier um eiweissreiche, gerinnungsfähige Substanzen handelt, welche beim Stehen an der Luft, in Folge Verdunstung des Wassers an der Oberfläche, sehr bald ein zartes Häutchen von verdichtetem oder coagulirtem Eiweiss bilden, welches die Flüssigkeit vor dem Hineinfallen körperlicher Stoffe aus der Atmosphäre mechanisch schützt. Von dem Vorhandensein eines solchen Häutchens kann man sich sehr leicht überzeugen, wenn man concentrirtere Eiweisslösungen, Hühnereiweiss, gekochte Milch und dergl. kurze Zeit stehen lässt und die Oberfläche mit einer Nadel berührt.

---

[1]) Schles. Gesellsch. f. vaterländ. Cultur. Naturwissenschaftliche Section. Sitzung vom 14. Febr. 1872.



Endlich ist drittens die Erscheinung in Betracht zu ziehen, dass, wie die Beobachter übereinstimmend angeben, auf den Versuchsobjecten fast regelmässig und schon frühzeitig Schimmel sich bildeten, deren Vegetation, wie wir aus zahlreichen botanischen Erfahrungen wissen, der Entwickelung von Fäulnissorganismen und dem Eintritt fauliger Zersetzung geradezu antagonistisch ist. Billroth und andere Forscher bezeichnen es als die Regel, dass Schizomyceten da nicht gedeihen, wo reichlich Schimmel vegetiren. Auch nach meinen eigenen zahlreichen Erfahrungen auf diesem Gebiete kann ich versichern, dass eine Substanz vor eigentlicher Fäulniss so gut wie geschützt ist, wenn erst Schimmelpilze auf ihr festen Fuss gefasst haben. Es lässt sich im Augenblicke nicht entscheiden, ob dieser Grund ausreichend ist, die auffallenden Verschiedenheiten zwischen den Versuchsresultaten der Panspermatiker und der letztgenannten Forscher zu erklären.

Auch für die offene und antiseptische Wundbehandlung stösst die Erklärung der theoretischen Grundlage auf erhebliche Schwierigkeiten. Ein wesentlicher Factor für die günstigen Erfolge der offenen Wundbehandlung dürfte in dem Umstande zu suchen sein, dass jeder Druck, jede mechanische und chemische Irritation der Wunden durch Verbandmittel in Fortfall kommt, der verwundete Theil der absolutesten Ruhe geniesst und vor Allem die Secrete einen continuirlichen, ungehinderten Abfluss haben. Drei wichtigen Indicationen einer normalen Wundheilung wird auf diese Weise offenbar in der promptesten Weise genügt. Zersetzung wird allerdings, so weit meine Beobachtungen reichen, in dem abfliessenden Eiter keineswegs vermieden, und auch Fäulnissorganismen, ebenso Schimmelpilze, kann man in derselben nicht selten in reichlicher Menge nachweisen; aber die beständige Fortleitung dieser infectiösen Flüssigkeiten verhindert eben, dass sie auf der Wunde und im Organismus zur Wirkung kommen.

Bei der vielseitigen practischen Wichtigkeit, welche die Frage von der fäulnisserregenden Wirkung der atmosphärischen Luft und von der Verbreitung der Fäulnissfermente in derselben besitzt, habe ich in den Jahren 1875 bis 1877 eine neue und lange Reihe von Fäulnissversuchen angestellt, welche über diesen Punkt Aufschluss geben sollten. Ich suchte zunächst zu ermitteln, durch welche Art der Uebertragung wohl am häufigsten die Infection todter organischer Substanzen mit Fäulnissfermenten geschehe, und

verglich zu diesem Zweck die fäulnisserregenden Eigenschaften des Wassers mit denjenigen der atmosphärischen Luft. In beiden Reihen wurden verschiedene Luftarten und verschiedene Wassersorten in Anwendung gezogen und mit Rücksicht auf die oben genannten Möglichkeiten in verschiedener Weise applicirt.

Bezüglich des fäulnisserregenden Einflusses des Wassers habe ich die einschlägigen Versuche bereits oben mitgetheilt. Sie führten in Uebereinstimmung mit den Erfahrungen von Sanderson, Rindfleisch und Cohn zu dem Resultat, dass das gewöhnliche terrestrische Wasser (Brunnenwasser, Wasserleitungswasser und älteres destillirtes Wasser) fast ausnahmslos Fäulniss erregt und daher Fäulnissfermente entweder in relativ reichlicher Menge oder doch in sehr wirksamer Form enthalten muss.

Den Einfluss des Staubes der Luft nun prüfte ich wiederum an Hühnereiern, und zwar schlug ich dabei verschiedene Methoden ein. Einestheils wurde nämlich der unter Cautelen frei gelegte Inhalt der Eier längere Zeit hindurch der ungehinderten Berührung mit der atmosphärischen Luft ausgesetzt, anderntheils wurde die (staubhaltige) Luft verschiedener Oertlichkeiten mittelst einer Spritze in das Innere der Eier hineingetrieben, anderntheils endlich wurde der aufgesammelte Staub selbst auf verschiedene Weise mit dem Eiweiss oder Eigelb in Berührung gebracht.

In der ersten Reihe wurden frische Hühnereier mit geöffneter Schale in drei verschiedenen Localitäten dem Einflusse des atmosphärischen Staubes ausgesetzt und zwar

a) in dem bewohnten Zimmer einer dicht belegten Kaserne hierselbst,
b) in dem Zimmer eines Militärlazareths mit nicht sehr günstigen hygienischen Verhältnissen, und
c) in meiner (im Centrum der Stadt gelegenen) Wohnung.

Die eine Hälfte der Eier war gekocht, die andere ungekocht. Die Eröffnung der Schale bewirkte ich in der Weise, dass ich mit einem vorher geglühten scharfen Messer den einen Pol der Eier glatt abschnitt; mit dem andern Pol wurden dieselben in die Löcher eines, aus einer umgestülpten Cigarrenkiste hergestellten Gestelles gesetzt. In diesem geöffneten Zustande wurden die Eier 12—16 Tage hindurch dem Staube der Luft Preis gegeben.

Das Resultat war ein sehr überraschendes: von sämmtlichen 24 auf die angegebene Weise behandelten Eiern war nur ein ein-

ziges nach 2 Wochen in Fäulniss übergegangen. Die gekochten Eier vertrockneten sehr schnell, schrumpften, wurden rissig und bröckelig; das Eigelb zog sich gewöhnlich dattelförmig zusammen. Auf der Oberfläche lagerte sichtbarer Staub; doch war keine Spur von pflanzlicher Vegetation, nicht einmal Schimmelbildung auf ihnen wahrzunehmen.

Die ungekochten Eier bedeckten sich bald, oft schon nach 4—5 Tagen, mit fleckigen Schimmelrasen, welche sich continuirlich über die Oberfläche ausbreiteten; meist ging damit gleichzeitig eine von der Oberfläche beginnende langsame Austrocknung einher, welche jedoch nie einen so hohen Grad erreichte, dass nach 12 Tagen die tieferen Schichten des Eiweiss und Eigelb nicht noch zähflüssig gefunden wurden. Ohne Zweifel hatte hier der schnelle Wasserverlust jede pflanzliche Vegetation und auch jede faulige Zersetzung unmöglich gemacht. Einzelne Eier, namentlich die in dem kühleren Zimmer des Lazareths aufgestellten, waren fast ihrem ganzen Inhalt nach noch vollkommen flüssig, aber an der Oberfläche regelmässig stark verschimmelt. In keinem Falle habe ich Spuren fauliger Zersetzung wahrnehmen können (H_2S-Geruch, Mischung von Gelb und Weiss und Verfärbung); nur zeigte der Eiinhalt unter der Schimmeldecke häufig einen eigenthümlich leimartigen Geruch, welchen ich auch an alten Eiern mit unversehrter Schale nicht selten wahrgenommen habe.

Das einzige Ei, welches faul geworden war, hatte über dem Essspinde meines Wohnzimmers gestanden und wimmelte bei genauerer Besichtigung von Fliegenmaden. Offenbar hatte hier eine nistende Fliege mit ihren beschmutzten Füssen und bestaubten Flügeln die Infection mit Fäulnissfermenten vermittelt.

Aus diesen Versuchen scheint mir in ganz überzeugender Weise hervorzugehen, dass der fäulnisserregende Einfluss der staubhaltigen atmosphärischen Luft in der That kein so grosser und allgemeiner ist, als nach den Versuchen der Panspermatiker anzunehmen war. Um dies merkwürdige Verhalten zu erklären, muss man glauben, entweder dass die Luft nicht reich genug an Fäulnissfermenten ist (Ferd. Cohn), bezw. dass der Gehalt der Luft an Fermenten an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten ein sehr wechselnder ist, oder dass die von faulenden Stoffen in die Luft aufgenommenen Fermente durch längeres Verweilen in derselben, z. B. durch Austrocknung, unwirksam werden. Endlich musste auch noch die

Möglichkeit in Betracht gezogen werden, dass die an der Oberfläche der Eier durch Vertrocknung sich bildende feste Decke das Hineinfallen des Staubes verhütet habe. —

Diese Möglichkeiten habe ich durch 2 neue Versuchsreihen einer Prüfung unterzogen.

Im Monat Juni 1877 wurden 5 Eiern in der üblichen Weise mit der Pravaz'schen Spritze, die vorher gründlichst desinficirt worden war, mehrere Raumtheile gewöhnlicher atmosphärischer Luft injicirt. Nadel und Canüle waren auch hier, wie früher, vorher geglüht. Die Injectionen geschahen theils in das Eiweiss, theils tief in das Eigelb. Auch von diesen 5 Eiern war nach 32 Tagen kein einziges in Fäulniss übergegangen. In der Umgebung der Luftblasen war die Eimasse consistenter geworden und an der Oberfläche meist leicht geronnen. In einem Falle war an der Stichstelle das Eigelb nach oben in das Eiweiss gedrungen und hier mit zahlreichen kleinen Luftblasen vermischt; dennoch war auch dieses Ei nach 32 Tagen noch absolut frisch, so dass es gekocht mit vollem Appetit genossen werden konnte. —

In der dritten Versuchsreihe wurde trocken aufgesammelter Staub und zwar

a) aus der Kaserne,

b) aus dem Lazareth und

c) aus meinem Wohnzimmer

mit frisch abgekochtem destillirten Wasser vermengt, tüchtig umgeschüttet und dann einige Zeit stehen gelassen, bis die erdigen und gröberen Elemente, welche durch die Spritze nicht hindurchgehen, sich abgesetzt hatten. Von der übrigen, fast undurchsichtig getrübten, grauschwarzen Staubflüssigkeit injicirte ich 20 Eiern unter den gewöhnlichen Cautelen 5 bis 10 Tropfen theils in das Eiweiss, theils in das Eigelb.

Das Resultat dieser Versuche wich wesentlich von dem der beiden ersten Reihen ab. Der grösste Theil der Eier ging ziemlich schnell in stinkende Zersetzung über; nur ein Bruchtheil blieb mehrere Wochen hindurch von Fäulniss frei. Von diesen Eiern habe ich vier gelegentlich eines Vortrages über Fäulniss auf dem vierten Chirurgen-Congress 1875 zu Berlin der Versammlung vorgezeigt [1]).

[1]) A. Hiller: Ein experimenteller Beitrag zur Lehre von der organisirten Natur der Contagien und von der Fäulniss. v. Langenbeck's Archiv f. klin. Chirurgie, Bd. 16, S. 669—697. Verhandl. d. deutsch. Gesellsch. f. Chirurgie, Bd. IV, Abth. 2, S. 1—31.



Sämmtliche Eier waren am 30. März mit Zimmerstaub-Flüssigkeit inficirt. Am 8. April, also nach 10 Tagen war eins in höchst stinkende Zersetzung übergegangen; eins zeigte beginnende Fäulniss, d. h. Verfärbung, Vermischung von Gelb und Weiss und Entwickelung von Schwefelwasserstoff; die beiden anderen dagegen waren bis zu diesem Tage noch ganz frisch. Von den übrigen, später inficirten 16 Eiern waren nach einem Zeitraum von 16 bis 21 Tagen nur 3 vollkommen frisch geblieben. 6 Eier zeigten geringere Grade fauliger Veränderung, nicht so vollständige Vermischung und Verfärbung des Inhalts und häufig mehr einen ranzigen, als stinkend faulen Geruch; doch musste diese Veränderung nothwendig als septische Alteration und als Wirkung der Infusion angesprochen werden. Die übrigen 7 Eier zeigten insgesammt intensivste Fäulniss; die Kiste, in welcher diese Eier (neben nicht gefaulten Eiern) lagen, verbreitete im Arbeitszimmer schon nach 6—10 Tagen einen penetranten Fäulnissgeruch. Der Eiinhalt war gewöhnlich in eine gleichförmige, grünlich schwarze, mit festen Bröckeln untermischte Emulsion übergegangen, die furchtbar stank und bei der microscopischen Prüfung von Bacterien wimmelte. In mehreren Eiern war die Entwickelung fauliger Gase so lebhaft, dass sie beim Anstechen der Schale mit einer lauten Detonation entwichen und einen Theil des faulen Inhalts aus der Oeffnung gewaltsam hinausdrängten. Dies Ergebniss war bei dem Staube der verschiedenen Localitäten ziemlich gleich; in jeder Reihe waren nur wenige frisch geblieben, einige mehr oder weniger ranzig bezw. faulig zersetzt, die Mehrzahl dagegen in intensive Fäulniss übergegangen.

Unter den letztgenannten 7 Eiern waren einige (etwa 3), bei denen anfänglich aus Versehen, später mit Absicht, mit dem Staubwasser gleichzeitig eine geringe Quantität atmosphärischer Luft eingespritzt war. Gerade diese Eier waren es, welche die intensivste Fäulniss und die lebhafteste Gasentwickelung zeigten. Es scheint also aus diesen letzten Versuchen hervorzugehen, dass das gleichzeitige Vorhandensein von Luft und Wasser dem Eintritt der Fäulniss ungleich günstiger ist, als die Einwirkung des Wassers oder der Luft für sich allein. —

Diese Versuche scheinen mir in mancher Beziehung sehr lehrreich und der Frage, bezüglich der Verbreitung der Fäulnissfermente in Luft und Wasser, weit näher zu kommen, als die früheren.

1) zeigen sie in Uebereinstimmung mit den zuletzt genannten Forschern (Sanderson, Rindfleisch und Cohn), dass das gewöhnliche terrestrische Wasser ungleich reicher an wirksamen Fäulnisserregern ist, als die atmosphärische Luft;

2) lehren sie, dass die Luft zwar keineswegs arm an atmosphärischen Fäulnissfermenten ist, wie Cohn anzunehmen hinneigt, aber doch relativ sehr arm an wirksamen Erregern.

Die Ursache des Unwirksamwerdens derselben scheint die relative Trockenheit des atmosphärischen Staubes zu sein, da derselbe seine fäulnisserregenden Eigenschaften wieder erlangt, wenn er angefeuchtet oder mit Wasser vermischt wird. Trockener Staub scheint ein relativ unschädliches Ferment in der Atmosphäre zu sein; er kann, wie die obigen Versuche lehren, zu fermentfreien organischen Substanzen wochenlang hinzutreten, ohne in denselben Fäulniss zu erregen. Dagegen erregt derselbe augenblicklich und fast regelmässig Fäulniss, wenn er, wie in den Chevreul-Pasteur'schen Versuchen, mit fäulnissfähigen Flüssigkeiten gemischt wird, oder wenn er, wie in meinen Versuchen, mit Wasser vermischt eiweisshaltigen Stoffen zugesetzt wird.

Es geht 3) aus den obigen Beobachtungen hervor, dass der blosse Contact fäulnissfähiger Substanzen mit der staubhaltigen atmosphärischen Luft kein so deletäres Moment ist, als man aus den Versuchen der Panspermatiker bis heute geschlossen hat. —

Diese Resultate sind, wie leicht einzusehen, von nicht geringer praktischer Wichtigkeit. Wenn die Aufgabe der modernen Wundbehandlung darin besteht, den Zutritt von Fäulnissfermenten und Zersetzungserregern zu einer Wunde zu verhindern und damit der Eiterung und den Folgezuständen der Wundsepsis vorzubeugen, so geht aus den obigen Erfahrungen hervor, dass das früher übliche Verfahren der Bedeckung der Wunden mit nassen Verbandstoffen und verschiedenen wässerigen Lösungen oder Mischungen, namentlich das so beliebte Kühlen der Wunden mit in Brunnenwasser getauchten Compressen, als das sicherste Mittel zu betrachten ist, Zersetzung der Secrete und Eiterung hervorzurufen. Dagegen erscheint es nach obigen Versuchen als ein ziemlich ungefährliches Experiment, die Wunden den Einflüssen der atmosphärischen Luft offen Preis zu geben, wofern man dieselben vor anderweitiger Infection mit Fäulnissfermenten, z. B. durch Instrumente, Hände und namentlich durch das Wasser, sorgfältig hütet.

Den Schwerpunkt der antiseptischen Wundbehandlung möchte ich demnach nicht mehr, wie ursprünglich Lister, in dem Fernhalten oder Reinigen der Luft und in der vollständigen Occlusion der Wunden gegen den atmospärischen Staub erblicken, sondern in der Vermeidung der Uebertragung von Fäulnisserregern durch andere bei der Operation und dem Anlegen des Verbandes in Betracht kommende Momente, insbesondere Wasser, Instrumente, Hände und Verbandmittel. Der scheinbare und bisher unversöhnliche Widerspruch zwischen dem Princip der offenen und dem der antiseptischen Wundbehandlung dürfte durch diese Annahme seine einfachste und natürlichste Lösung finden.

In der That rechtfertigen nicht blos die Erfolge der offenen Wundbehandlung, sondern auch einige neueren Erfahrungen bei der antiseptischen Wundbehandlung die obigen Schlussfolgerungen. Während die Mehrzahl der Chirurgen der ursprünglichen Methode getreu auf die Anwendung des Carbolspray ein grosses Gewicht legt und dieselbe mit peinlicher Sorgfalt bei allen kleineren und grösseren Operationen übt, haben einige Chirurgen der neuesten Zeit den Muth gehabt, den Spray sowohl bei Operationen, wie beim Verbandwechsel fortzulassen. Soviel mir bekannt, haben insbesondere Neudörfer (Wien), Spence (Edinburg) und Callender (London) seit einer Reihe von Jahren in ihren Kliniken sämmtliche Operationen und jeden Verband-Verbandwechsel ohne Carbolspray ausgeführt und dabei angeblich nicht schlechtere Erfolge erzielt, als strenge Anhänger der Lister'schen Methode.

Ebenso hat eine von der chirurgischen Gesellschaft in Moskau kürzlich zur Prüfung der Wundbehandlungsfrage eingesetzte Commission[1]) ihre Ansicht bestimmt dahin präcisirt, dass „nicht die Luft mit allen ihren Bestandtheilen an sich das Schädliche für die Wunden ist, sondern die Stagnation der Luft, welche die Zersetzung begünstigt". Der Spray ist auch nach ihnen überflüssig. Ich selbst habe früher vielfach in Militairlazarethen kleinere und grössere Wunden getreu nach antiseptischem Princip, aber ohne Spray, behandelt und bezüglich des Heilungsverlaufes Resultate

[1]) Vergl. bezüglich der Mittheilungen der Moskauer Chirurgen: Méthode d'aëration. Traitement rationel des plaies. Moskau, Alex. Lang, 1877, und Centralbl. f. Chirurgie, 1878, S. 290.

erzielt, welche von den streng nach Lister behandelten Fällen kaum abweichen.

Für die Privatpraxis und auch wohl für die chirurgische Thätigkeit auf Verbandplätzen scheint mir daher die Fortlassung des jedenfalls lästigen und die Technik erschwerenden Spray, bei Beibehaltung aller übrigen antiseptischen Cautelen, ziemlich unbedenklich. Dagegen würde ich allerdings in Hospitälern, und namentlich in überfüllten Kriegslazarethen, in denen durch die grosse Zahl von Eiterungsprocessen und durch Luftstagnation zu einer Schwängerung der Luft mit eiterigen und septischen Stoffen so vielfach Gelegenheit geboten ist, der Beibehaltung des desinficirenden Carbolspray stets das Wort reden. —

Wir haben bisher nur das Wasser in Vergleich mit der fäulnisserregenden Wirkung der atmosphärischen Luft gezogen; wir hatten ferner die Ansicht der Chirurgen und einiger Experimentatoren mitgetheilt, dass ausser im Wasser auch an allerlei festen Gegenständen Fäulnissfermente haften. Diese letztere Ansicht wurde namentlich nahe gelegt durch die Beobachtung, dass gegekochte fäulnissfähige Substanzen in vorher gereinigten oder ausgeglühten Gefässen gewöhnlich unzersetzt bleiben, dagegen sehr schnell in Fäulniss übergehen, wenn sie in ungereinigten und nicht geglühten Gefässen aufbewahrt wurden.

Schon Schröder[1]) theilt in seinen Versuchen eine Beobachtung mit, welche den Einfluss der Berührung mit festen Körpern auf das Evidenteste beweist. Er hatte in einer Anzahl offener Kolben gekochte Fleischstückchen an einem leinenen oder Seidenfaden, welcher an einem über die Mündung befestigten Draht befestigt war, hineingehängt und diese Kolben an offener Luft hingestellt; in einer andern Zahl wurden die Fleischstückchen in die Kolben hineingelegt. Er fand dabei, „dass gekochtes Fleisch, welches (auf die angegebene Weise) in frischer Luft frei aufgehängt ist, erst etwas später in Fäulniss übergeht, als liegendes Fleisch“. Eine ähnliche Bemerkung soll, wie Schröder angiebt, schon von Matteucci gemacht worden sein.

Daher haben auch alle Fäulnissforscher bei ihren Untersuchungen die Vorsicht angewandt, dass sie, um nur den Einfluss

---

[1]) Schröder: Ueber Filtration der Luft in Beziehung auf Fäulniss, Gärung und Krystallisation. Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. 109, S. 42.

der atmosphärischen Luft zu prüfen, die benutzten Gefässe sorgfältig von den anhaftenden Fermenten befreiten.

Für viele thierischen Gewebe ist es ausserdem nunmehr fast zur Gewissheit geworden, dass sie die Fermente für die postmortale Zersetzung bereits in sich tragen. Dies gilt namentlich von den Eingeweidetheilen und den dem Verdauungstractus benachbarten Drüsen des thierischen Organismus. Da wir ja mit der Luft, mit dem Wasser und vielen Nahrungsmitteln zweifellos häufig, vielleicht sogar beständig Fäulnisserreger in uns aufnehmen, so hat es auch nichts Wunderbares, wenn die dem Respirations- und Digestionsapparat direct anliegenden Theile nach dem Tode bereits mit Fäulnissfermenten behaftet erscheinen und daher relativ schnell in Fäulniss übergehen. So weist auch Rindfleisch[1]) in seiner Arbeit über niedere Organismen „auf die bekannte Thatsache hin, dass die Fäulniss einer Leiche in so ostensibler Weise vom Darmkanal ausgeht“. Paschutin's Angabe, dass von allen Organen des Frosches diejenigen am schnellsten in Fäulniss übergehen, welche während des Lebens am meisten mit der Aussenwelt und insbesondere der Luft in Berührung gewesen sind, spricht gleichfalls für die Präexistenz von Fäulnissfermenten in den Geweben, insbesondere in den Organen des Digestions- und Respirations-Apparats[2]). Schon die ausserordentliche Leichtigkeit, mit welcher der Darminhalt der Fleisch- und Pflanzenfresser beim Darniederliegen der Verdauungsthätigkeit in Fäulniss resp. Vermoderung übergeht, lässt sich, abgesehen von dem Vorhandensein aller übrigen Fäulnissbedingungen, Wasser, Wärme und Luft, nur durch die Gegenwart von Fäulnissfermenten erklären.

Es ist ferner in neuerer Zeit festgestellt, dass vom Darmkanal aus die Fäulnissfermente mit dem Lymph- und Blutstrom nicht nur in die benachbarten Drüsen, sondern selbst in entfernte Theile des Körpers, z. B. Muskeln, und in die grossen Unterleibsdrüsen übergehen und dort abgelagert werden können. E. Tiegel[3]) hatte im Laboratorium Kühne's in Heidelberg die Bauchspeicheldrüse (Pancreas) und Leberstückchen von Kaninchen und Fröschen, nach-

[1]) Virchow's Archiv, 1872, Bd. 54, S. 406.

[2]) V. Paschutin: Einige Versuche über Fäulniss und Fäulnissorganismen. Virchow's Archiv, Bd. 59, Heft 3 u. 4.

[3]) E. Tiegel: Ueber Coccobacteria septica (Billroth) im gesunden Wirbelkörper. Virchow's Archiv, 1874, Bd. 60, S. 459.



dem dieselben vorher oberflächlich abgebrüht waren, in heisses Paraffin getaucht und darin luftdicht eingeschmolzen. In diesen Präparaten beobachtete er regelmässig nach 4—12 Tagen (bei einer Temperatur von 20—30° C.) faulige Zersetzung, Bildung saurer Producte in der Leber, Bildung von Leucin, Tyrosin, Indol, Naphthylamin und riechender Substanzen im Pankreas-Gewebe. Die Entwickelung von Fäulnissorganismen war stets am reichlichsten im Pankreas, nächstdem in der Leber, der Milz und den Speicheldrüsen, viel seltener und spärlicher in den Lymphdrüsen, Nieren, Hoden, im Muskelfleisch und im Blut. Die faulige Zersetzung fand sich am deutlichsten in der Milz und im Pankreas.

Paschutin[1]) lieferte denselben Nachweis für die Muskeln. In geglühten Glasröhren von 70 Ccm. Inhalt wurden mit destillirtem Wasser befeuchtete Muskelstückchen hineingelegt und

a) mit gewöhnlicher atmosphärischer Luft,
b) mit geglühter atmosphärischer Luft und
c) mit reinem Sauerstoffgas eingeschlossen.

Das betreffende Gas resp. die Luftart wurde $1/2$—1 Stunde durch das offene Rohr hindurchgeleitet und letzteres dann an beiden Enden vor der Flamme zugeschmolzen. Nach einer Dauer der Einwirkung von mehreren Monaten (bis zu 10 Monaten) wurden die Muskelstückchen untersucht.

Die Veränderungen waren in allen drei Gasen im Wesentlichen gleich, nur der Intensität der Zersetzung nach verschieden. In allen drei Fällen war lebhafte Fäulniss eingetreten: Verfärbung, Zerfall und centripetale Einschmelzung, Fäulnissgeruch, stark alkalische Reaction und Fäulnissorganismen (Micrococcen, Bacterien) in grosser Zahl. Die Zersetzung ging schneller in der nicht gereinigten, als in der geglühten Luft vor sich, während im reinen Sauerstoffgas die Schnelligkeit der Zersetzung ungefähr die Mitte hielt. Abgesehen von anderen Schlussfolgerungen, so geht aus diesen Versuchen hervor, dass das Muskelfleisch die Fermente für die faulige Zersetzung, sowie die Keime niederster Organismen bereits enthalten kann.

Noch einfacher und überzeugender scheinen mir diejenigen Versuche zu sein, welche ohne unser Zuthun nach dieser Richtung die

---

[1]) V. Paschutin: Einige Versuche über Fäulniss und Fäulnissorganismen. (Aus dem Laboratorium von v. Recklinghausen.) Virchow's Archiv, Bd. 59, Heft 3 u. 4.

Natur selbst anstellt. Wir brauchen nur das Schicksal von Leichen zu beobachten, welche nach dem Tode sich selbst überlassen bleiben und in Fäulniss übergehen. Niemand wird behaupten können, dass nach dem Tode körperliche Bestandtheile der Luft und des Wassers von selbst in die inneren Organe der Leiche (bei unversehrter Oberfläche) eindringen können; dennoch werden regelmässig, oft schon nach Verlauf von wenigen Tagen, nicht bloss das Blut, sondern auch Muskel, Leber, Nieren, Milz und andere Organe, welche post mortem mit der Luft in gar keinem Zusammenhange standen, exquisit faul gefunden.

Diese Beobachtungen sind, speciell mit Beziehung auf die postmortale Entwickelung niederer Fäulnissorganismen, von Cunningham und Lewis an einer Reihe von Hunden ausgeführt worden, welche in voller Gesundheit getödtet wurden[1]). Ich selbst habe im Jahre 1875 eine Anzahl von Hunden und Kaninchen, welche verschiedenen, nicht septischen Zwecken gedient hatten, unmittelbar nach dem Tode ca. $1\frac{1}{2}$ Fuss tief in gewöhnlicher Gartenerde vergraben. In einer anderen Reihe wurden Schenkel von frisch getödteten Hunden und Kaninchen mit derben Ligaturfäden fest abgeschnürt, dann amputirt und luftdicht verkittet. Auch in diesen Versuchen, welche ursprünglich zu einem andern Zwecke, nämlich Studien über die Bildung von Leichengift, angestellt waren, wurden nach 8—12 Tagen die inneren drüsigen Organe ausnahmslos, die Muskeln seltener, in stinkender Zersetzung gefunden.

Eine ähnliche Beobachtung wurde schon früher von Billroth[2])

---

[1]) Untersuchungen über die Cholera. Angestellt im Auftrage der Regierung. Officielle Berichte des britischen Gouvernements in Indien. Calcutta, 1870, 1871, 1872 u. 1873. Referirt im Centralbl. f. d. med. Wissenschaften, 1873, S. 156 u. 329; 1875, S. 554.

[2]) Billroth: Coccobacteria septica, 1874, S. 72. Wenn auch in dieser Mittheilung von gleichzeitiger Fäulniss in dem abgeschnürten Schenkel nichts erwähnt ist, so kann man doch die ausserordentlich reiche Entwickelung von Fäulnissorganismen wohl unbedenklich als Symptom der Fäulniss auffassen; ganz abgesehen davon, dass diese Organismen, wie wir später sehen werden, als Fermente bei der fauligen Zersetzung eine entscheidende Rolle spielen. In diesem Sinne sind auch alle anderen hier mitgetheilten Beobachtungen von dem Auftreten niederer Organismen in todten Geweben zu deuten, wofern nicht ausdrücklich dabei von dem Vorhandensein chemischer Zersetzungsvorgänge die Rede ist. Ob die Fäulnissfermente ohne weiteres mit diesen niederen Organismen zu identificiren sind, von dieser Frage sehe ich hier vorläufig ganz ab und spreche daher durchweg in diesem Capitel ohne Präjudiz für eine bestimmte, vitalistische oder chemische Theorie, ganz objectiv nur von „Fäulnissfermenten“.



gemacht. Er hatte den Unterschenkel und Fuss einer menschlichen Leiche abgeschnürt, amputirt und oben luftdicht mit Heftpflaster verklebt. Nach einigen Wochen fanden sich im peri- und intermusculären Bindegewebe zahlreiche Mesobacterien, einzeln und in Ketten; später, nach 53 Tagen, war „der ganze Muskel dicht voll von ruhenden Helobacterien".

Uebrigens fehlt es auch unter den Versuchen der Panspermatiker nicht an Beweisen für eine Präexistenz von Fäulnissfermenten in verschiedenen animalischen Stoffen. Schröder[1]) und v. Dusch hatten schon in ihrer ersten Versuchsreihe die sehr auffällige Beobachtung mitgetheilt, dass in frisch abgekochter Milch „das Gerinnen eben so schnell eintrat, wenn sie sich in filtrirter, als wenn sie sich an offener Luft befand; ebenso trat nach längerer Zeit auch der stinkende Geruch des faulenden Käsestoffs in allen Fällen, wie es ihm schien, gleichzeitig wie in der an offener Luft stehenden Milch ein. Nur die Schimmelbildung an ihrer Oberfläche war durch die Filtration der Luft vollkommen verhütet". Dieselbe Erfahrung machten sie mit Fleisch, welches ohne Wasserzusatz in Kolben (im Wasserbade) erhitzt und mit einem Baumwollenpfropf vorsichtig von der Luft abgesperrt war; dieses Fleisch „wurde eben so schnell stinkend, als ebenso behandeltes Fleisch in offenen Kolben". Der einzige Unterschied zwischen beiden Gefässen bestand darin, dass in der grünlich-braunen Flüssigkeit, welche sich in den faulen Fleischstückchen ansammelte, Vibrio lineola nur in den offenen Gefässen auftrat und Monas termo auch nur in diesen mit Sicherheit nachweisbar war.

Aus diesen Versuchen kamen die Verfasser zu folgendem Schluss: „Es scheint sich herauszustellen, dass es freiwillige Zersetzungen organischer Substanzen giebt, wie das Faulen von Fleisch ohne Wasser und des Käsestoffs der Milch, ferner die Verwandlung des Zuckers in Milchsäure in der Milch, welche zu ihrem Beginnen lediglich des Sauerstoffs der Luft bedürfen".

Dasselbe fand Schröder[2]) später auch für einige andere organische Substanzen, z. B. Fleisch mit Wasser abgekocht, Fleischbrühe und Eigelb. Es gelang ihm auch, in ganz directer

[1]) Annalen der Chemie und Pharmacie, 1854, Bd. 89, S. 20.

[2]) Annalen der Chemie u. Pharmacie, 1859, Bd. 109, S. 38 u. 39. 1861, Bd. 117, S. 273—278.



Weise den Nachweis zu führen, dass Fäulnissfermente in diesen Substanzen bereits enthalten sind. Von der richtigen Vermuthung ausgehend, dass in den früheren Versuchen die thierischen Stoffe wahrscheinlich nicht lange genug gekocht worden seien, wiederholte er die Versuche mit der Modification, dass er dieselben entweder längere Zeit hindurch bei 100° C. kochte oder durch Erhitzen im Oelbade auf 130—140° C., theils durch Kochen im Papin-schen Digestor bei 2—5 Atmosphären Dampfdruck, von den ihnen anhaftenden Fermenten befreite. In der That blieben Milch, Eigelb und Fleisch mit Wasser so behandelt, in filtrirter Luft drei Monate lang frisch[1]). Schröder fasst das Ergebniss dieser Versuche dahin zusammen „dass Milch, Eigelb und Fleisch Keime enthalten, welche sich in das eigenthümliche Fäulnissferment umbilden können, welche bis zu einer 100° nicht übersteigenden Temperatur erhitzt, in der Regel noch nicht völlig zerstört sind; welche aber, sehr anhaltend gekocht, oder bis zu einer höheren Temperatur erhitzt, jede Entwickelungsfähigkeit verlieren". —

Darüber kann also kein Zweifel mehr sein, dass der lebende thierische Organismus bereits die Fermente für eine postmortale faulige Zersetzung in sich trägt, und zweitens dass der thierische Körper oder Theile desselben nach dem Tode in Fäulniss übergehen, ohne dass eine nachträgliche Infection mit Fäulnissfermenten durch Luft oder Wasser stattgefunden hat.

Auch über die Schnelligkeit des Eintritts der Fäulniss in Leichen sind von den Aerzten manche interessante Beobachtungen gemacht worden. So ist es eine seit langer Zeit bekannte Erfahrung, dass die Leichen von Individuen, welche an acuten infectiösen Krankheiten gestorben sind, ungleich schneller faul werden, als unter denselben Bedingungen andere Leichen. Es gilt dies namentlich von der Septicämie, von der Pyämie und anderen septischen Infectionskrankheiten, ferner auch vom Milzbrand und

[1]) Die Zersetzungen, welche unter Baumwolle in Fleisch und Fleischbrühe entstehen, sind, wie Schröder angiebt, von der Fäulniss an offener Luft verschieden; jedoch hat er die Verschiedenheiten nicht genauer präcisirt. — Auch bei den auf 160° C. erhitzten oder bei 4 Atmosphären gekochten Substanzen bleiben gewisse Veränderungen nicht aus, welche Schröder als „langsame Oxydation" auffasst. Die Fleischfaser zerfällt allmälig und lässt die sehnigen Theile zurück, ist jedoch dabei von unverändertem Geruch und Geschmack und zeigt keinerlei fäulnissartige Zersetzung.



von den schweren Formen des Typhus. Ob diese ausserordentliche Disposition zur Fäulniss nun wirklich auf einen vermehrten Gehalt solcher Leichen an Fäulnissfermenten zurückzuführen ist, wie es bei der septischen Infection anzunehmen sehr nahe liegt, oder ob dieselbe darin ihren Grund hat, dass durch den voraufgegangenen fermentativen Krankheitsprocess die Eiweisskörper und anderen fäulnissfähigen Verbindungen bereits für eine faulige Zersetzung vorbereitet werden, d. h. der postmortalen Zersetzung günstige Modificationen erleiden, lässt sich bis jetzt nicht mit Sicherheit entscheiden. —

Dieselben Gelegenheiten, welche zu einer Infection des lebenden thierischen Organismus mit Fäulnissfermenten führen, können nun auch in gleicher Weise eine Inficirung aller leblosen festen Gegenstände auf der Erde verursachen. Fermenthaltiger atmosphärischer Staub lagert sich bekanntlich auf der Oberfläche aller Körper ab; er imprägnirt sich in die Maschen und Poren der gewebten und porösen Stoffe und wird von allen Flüssigkeiten, welche ihre Oberfläche der Luft darbieten, aufgenommen. Diesem Umstande verdankt wahrscheinlich auch das destillirte Wasser, welches ursprünglich fermentfrei ist, seinen späteren Gehalt an Fäulnisserregern. Das Haften von solchen Staubtheilchen wird dabei noch erleichtert, wenn es sich um feuchte Oberflächen oder um solche Utensilien handelt, welche vorzugsweise zur Aufnahme flüssiger Stoffe dienen; schon die Erfahrung, dass die Oberflächen solcher Utensilien und Gefässe weit leichter beschmutzt oder „verunreinigt“ werden, als trockene Gegenstände, deutet auf eine viel häufigere Gelegenheit zur Infection mit Fäulnissfermenten hin. Auch die Hände, nicht blos der arbeitenden Bevölkerung, sondern auch des reinlichsten und sorgfältigsten Menschen, z. B. der Chirurgen, sind vor einer Aufnahme von fäulnisserregenden Stoffen durchaus nicht geschützt.

Aber nicht allein die Berührung mit Luft und Wasser, sondern namentlich auch die Berührung mit faulenden Stoffen selbst scheint die Quelle der ausserordentlich weiten Verbreitung der Fäulnissfermente in der Natur zu sein. Man weiss, dass in faulen Stoffen nicht blos Fäulnissfermente gegenwärtig sind, sondern dass sie auch gleichzeitig durch die Fäulniss reproducirt werden. Wie bei der Alkoholgärung die Hefezellen sich vermehren und dadurch eine grosse Masse neuen gärungserregenden Ferments am Ende der

Gärung absetzen, so wird auch das Fäulnissferment bei der Zersetzung thierischer Stoffe vermehrt.

Mit wenigen Tropfen eines durch Wasserinjection faul gewordenen Hühnereies konnte ich nach entsprechender Verdünnung durch subcutane Injection eine ganze Serie anderer Hühnereier (12 Stück) sofort in die allerlebhafteste Fäulniss versetzen. Ein einziger Tropfen faulen Blutes vermag eine unbegrenzte Menge frischen Blutes durch Weiterimpfung in derselben Weise wieder zu zerlegen. Wenn eine Fleischconserve, welche viele Monate hindurch frisch geblieben ist, an irgend einer schadhaften Stelle Fäulnissfermente von aussen aufgenommen hat, so breitet sich die Fäulniss von dieser Stelle continuirlich über den ganzen Inhalt der Büchse aus; und jeder Bruchtheil dieser Masse vermag alsdann in einer frischen Büchse wieder den nämlichen Zustand der Zersetzung hervorzurufen. Ebenso ist bekannt, dass in einem Uringeschirr, in welchem in Folge mangelhafter Reinigung Harn mehrmals hintereinander alkalisch geworden ist, jeder nachfolgend gelassene Harn von neuem und relativ schnell sich zersetzt. In einem solchen Gefäss scheidet sich mit der Zeit am Boden und an der Wand eine gelbe oder bräunliche, aus Krystallen, Schleim und Schizomyceten bestehende Kruste ab, welche die Eigenschaft, alkalische Harngärung hervorzurufen, in hohem Maasse besitzt; schon ein Milligramm dieser Substanz, zu einem Liter frisch gelassenen Harns hinzugesetzt, vermag bei günstiger Temperatur innerhalb 12—16 Stunden den Harnstoff vollständig zu zersetzen.

Ohne Zweifel sind auch die in der Luft und theilweis auch die im Wasser enthaltenen Fermente ursprünglich faulenden Stoffen entstammt.

Wenn putride Flüssigkeiten oder putride Gewebe eintrocknen, so werden kleinste Theilchen der zerbröckelnden Substanz von dem Luftstrom mit fortgeführt und dem Staube der Luft zugesellt. Dieser Vorgang tritt um so leichter und häufiger ein, je trockener die Luft und je wärmer die Temperatur ist, also am häufigsten in derjenigen Jahreszeit, in welcher auch die Bedingungen für den Eintritt der Fäulniss am günstigsten sind, nämlich im Sommer. Daraus erklärt es sich wohl zum grössten Theil, dass der Gehalt der Luft an Fäulnissfermenten nicht blos an den einzelnen Orten, sondern auch in den einzelnen Jahreszeiten ein sehr verschiedener gefunden wird.

Es concurriren dabei ohne Zweifel auch noch gewisse meteorologische Einflüsse. Wir hatten bereits früher gesehen, dass der sehr auffallende Unterschied zwischen dem Reichthum der Luft und dem Reichthum des Wassers an Fäulnissfermenten wohl nur darin seine Erklärung findet, dass andauerndes Verweilen der Fermente in einem trockenen Medium die Wirksamkeit derselben aufhebt. Fände ein solcher vernichtender Einfluss der atmosphärischen Luft zu gewissen Zeiten nicht statt, welche Uebersättigung der Luft mit Fäulnissfermenten müsste die nothwendige Folge der andauernden Berührung derselben mit faulenden Stoffen sein!

Ganz im Gegensatze hierzu ist aber von den verschiedensten Forschern festgestellt worden, dass die atmosphärische Luft in der Regel viel ärmer an wirksamen Fermenten ist, als andere Medien und namentlich als das Wasser. Vielleicht kommen zur Erklärung dieses Verhaltens noch andere Einflüsse der Luft, z. B. Oxydation und Ozonisation, in Betracht; von hervorragendem Einflusse aber dürfte die Trockenheit der Luft sein.

In dieser Annahme wurde ich wesentlich bestärkt durch die Erfahrungen, welche ich in meinen während verschiedener Jahreszeiten und an verschiedenen Orten, meist unter gleichzeitiger Beobachtung der Witterungsverhältnisse angestellten Fäulnissversuchen machte. Es kam hierbei nicht selten vor, dass offen behandelte, fäulnissfähige Substanzen, z. B. Harn, Eiweisslösungen, Fleischstückchen, Hühnereier, welche längere Zeit hindurch im Zimmer unzersetzt blieben und nur schimmelten, sehr schnell und auffallend zahlreich in stinkende Fäulniss übergingen, sobald trübe und feuchte Witterung eintrat und atmosphärische Niederschläge erfolgten. Sehr auffällig war dieser Einfluss an einer Anzahl von Harnen, welche im Mai 1875 theils für sich, theils mit verschiedenen Zusätzen in demselben Raume der Luft ausgesetzt waren; von 11 so behandelten Harnen, welche während eines Zeitraumes von 9 bezw. 16 Tagen sauer geblieben waren, gingen innerhalb 24—48 Stunden nicht weniger als 5 zu gleicher Zeit die alkalische Zersetzung ein, als die bis dahin trockene, warme Witterung plötzlich umschlug, das Barometer fiel, der Himmel sich bedeckte und feuchte Niederschläge erfolgten. Eine andere Ursache für den Eintritt der Zersetzung, als die plötzliche Feuchtigkeit der Atmosphäre, liess sich nicht auffinden. Bereits damals habe ich in meinem Versuchs-Journal (II., p. 17), bei der Zusammenfassung der Ergebnisse dieser

Versuchsreihe jenes Ereignisses mit folgenden Worten gedacht: „Gewisse atmosphärische (meteorologische) Einflüsse, besonders feuchte Niederschläge, tiefer Barometerstand und warme Lufttemperatur, scheinen den Eintritt der Zersetzung zu begünstigen. Wenigstens gingen Harne, welche längere Zeit klar geblieben waren, an solchen Tagen mehrfach gleichzeitig in Fäulniss über (Versuch 1, 9, 12, 13 und 14)".

Wie lange Fäulnissfermente im lufttrockenen Zuslande ihre Wirksamkeit zu bewahren vermögen, würde sich ohne Zweifel durch den Versuch leicht ermitteln lassen. Bisher sind indessen solche Versuche meines Wissens nicht angestellt worden. —

In das Wasser können die Fäulnissfermente auf verschiedenem Wege gelangen, nämlich einestheils durch die Einsaat des Staubes der atmosphärischen Luft, anderntheils durch directe Communication mit faulenden und modernden Stoffen, endlich noch durch das Hineingelangen lebender thierischer und pflanzlicher Gewebe, welche Fäulnissfermente bereits enthalten. Die erstere Art der Infection kann für das destillirte und das atmosphärische Wasser (Thau, Regen) als die häufigere angesehen werden, während die zweite Art für das Brunnen- und Flusswasser der Städte und die letzte wohl für alle anderen terrestrischen Wassersorten die häufigste Quelle der Verunreinigung bildet. —

Bei der ausserordentlichen Verbreitung, welche die Luft und das Wasser auf der Erdoberfläche haben, erklärt es sich auch, dass alle Gegenstände, welche mit diesen Medien in Berührung sind, also namentlich die Oberflächen aller festen Körper, fast beständig mit Fäulnissfermenten behaftet gefunden werden. Es erklärt sich ferner, dass alle thierischen Geschöpfe, welche des Wassers und der Luft zu ihrer Ernährung in hohem Grade bedürfen und beständig in diesen Medien leben, schon während des Lebens Fäulnissfermente in sich aufnehmen und theils in den Geweben ihres Körpers deponiren, theils mit den fäulnissfähigen Secreten ausscheiden. Dieser Einrichtung liegt ohne Zweifel ein tiefer, für die Oekonomie der organischen Natur wichtiger Sinn zu Grunde.

Für viele festen Gegenstände ist ferner auch die unmittelbare Berührung mit faulenden bezw. in Zersetzung begriffenen organischen Stoffen die wesentlichste Quelle des Anhaftes von Fäulnissfermenten. Es gilt dies namentlich von viel gebrauchten Utensilien und Geräthschaften des Haushalts, sowie von den geschäftigen Händen

des Menschen. Diese in der That ausserordentlich häufige, directe Art der Uebertragung von Fäulnissfermenten auf fäulnissfähige Stoffe findet bei vielen Verrichtungen des menschlichen Lebens statt, z. B. bei der Zubereitung und Aufbewahrung von Nahrungsmitteln, bei der antiseptischen Behandlung der Wunden und, wie neuerdings mehrfach hervorgehoben worden ist, bei der Entstehung septischer Wochenbetterkrankungen (Endometritis, Parametritis, Septicämie) durch die Hände von Hebeammen, von secirenden Studenten und Aerzten. Die richtige Erkenntniss der Verbreitungsweise der Fäulnissfermente wird auch hier ohne Zweifel die Mittel zur Vermeidung jener Krankheiten finden lassen. —

Die letzte und streng genommen einzige Ursache der Fäulniss ist also immer die bereits vorhandene Fäulniss, ohne welche Fäulnissfermente nach unserem Wissen in der Natur nicht gebildet oder reproducirt werden. Nur in der Art, wie von den faulenden Substanzen aus die Fermente auf fäulnissfähige Stoffe übertragen werden, unterscheiden sich die näheren Ursachen im gegebenen Falle von einander.

Wenn also die Erzeugung von Fäulnissfermenten immer wieder an die bestehende Fäulniss geknüpft ist, — geradeso wie die Erzeugung lebender Geschöpfe an das Vorhandensein anderer lebender Wesen — so muss doch früher nothwendig zum Beginne der Fäulniss einmal eine Schöpfung oder Urzeugung von Fermenten stattgefunden haben, ebenso wie eine solche für den Beginn der Lebenswelt angenommen werden muss. Auf eine nähere Erörterung der Frage können wir indessen getrost verzichten, da wir damit genau an diejenige naturwissenschaftliche Grenzscheide angekommen sind, welche von der exacten Forschung stets innegehalten, von der speculativen Forschung mit Vorliebe überschritten worden ist, — die Grenze, an welcher das Wissen aufhört und der Glaube anfängt.

Erheblich vereinfacht würde die Frage nach dem Ursprung der Fäulnissfermente werden, wenn nachgewiesen wäre, dass dieselben ihrer Natur nach nicht besondere, für sich und neben der Lebenswelt bestehende Stoffe sind, sondern dass sie ihrerseits wieder in einem ganz bestimmten Abhängigkeitsverhältniss zu der lebenden Natur stehen, entweder der Art, dass die im wachsenden Thier- und Pflanzenkörper erzeugten (biologischen) Fermente, welche während des Lebens für den Stoffwechsel des Organismus thätig sind, nach dem Tode desselben ihre fermentirenden Eigenschaften be-

wahren und der Fäulniss dienstbar werden, oder in der Weise, dass die Fäulnissfermente mit gewissen Categorieen lebender Wesen geradezu identisch sind.

Die letztere Annahme ist bekanntlich für die Mehrzahl der Gärungen in der That bereits vollkommen erwiesen. Ebenso ist auch für die erstere Möglichkeit die Zahl der Argumente in letzter Zeit mehr und mehr gewachsen. In wie weit indess diese Voraussetzungen für die Fäulnissfermente im engeren Sinne zutreffen, wird den Gegenstand der Erörterungen des folgenden Capitels bilden.

Neuntes Capitel.

Die Natur der Fäulnissfermente.

Chemische und vitalistische Theorie. — Die Vibrionen (Bacterien) der Fäulniss. Pasteur's Dualismus; Aërobies (Monaden) und Anaërobies (Vibrionen). Wirkungsweise der letzteren. Einwände der Forscher. Pasteur's Versuch: Züchtung der Vibrionen ohne O. Bestätigung durch Hüfner. — Die morphologischen Untersuchungen F. Cohn's. Bacterium termo als Erreger der Fäulniss. Die Nährstoffe der Bacterien. N-haltige Nahrung. Bedeutung des Eiweisses als Nährmaterial. Unzersetztes Eiweiss wird nicht assimilirt. Bacterien in lebenden Geweben (Billroth, Tiegel). Meine Versuche an Hühnereiern; Injectionen von isolirten und gezüchteten Bacterien. Culturversuche in Albumin- und Glutinlösungen. Bacterienentwickelung und Eiweisszersetzung sind nicht identisch. — Eiweisszersetzung (Fäulniss) ohne Bacterien. Primäre Veränderungen in Leichen. Zersetzung angebrüteter Hühnereier. Colin's und meine Versuche. Zersetzung abgestorbener Leibesfrüchte. Die nicht stinkende und die stinkende Fäulniss; jene häufig, diese niemals ohne Bacterien. — Nachweis chemischer Fäulnissfermente. Die Diffusionsversuche (Helmholtz u. A.). Fäulniss bei Luftabschluss (Hoppe-Seyler) Fäulniss in indifferenten Gasen (Paschutin). Das Pancreasferment, Trypsin (Kühne). Das Harnstofferment (Musculus). Alkalische Harngärung in der Blase. Injection von Fäulnissbacterien in die Blase (Dubelt, Colin). Harnfäulniss ohne Organismen. Bacterienentwickelung im Harn ohne Fäulniss. Züchtung von Bacterien im Harn. — Multiplicität der Fäulnissfermente. Chemische Fermente und lebende Organismen. Arbeitstheilung derselben bei der Fäulniss. Der Stoffwechsel der Bacterien; ihre Producte (Bucholtz). Fermentwirkungen der Bacterien (Lex). Die Reduction der Nitrate. Bedeutung des H in st. n. für die Reductionen der Fäulniss. H-Entwickelung durch Bacterien. Aehnliche Reductionen durch andere Organismen (Schimmelpilze). — Rückblick.

Wir haben bisher immer nur ganz allgemein von „Fermenten“ der Fäulniss gesprochen, ohne uns dabei auf die bereits für die Gärungsfermente erörterte Frage einzulassen, welcher Natur diese Fermente der Fäulniss sind. Objectiv ist durch die bisherigen Untersuchungen festgestellt, dass es sich hierbei um körperliche und organische Stoffe handelt. Die Frage, welche sich unmittelbar an dieses Ergebniss knüpfte, war die, ob diese fäulnisserregenden Stoffe nun einfache chemische Fermente sind, analog denjenigen, welche für die Zwecke der Ernährung und des Wachsthums

im lebenden Thier- und Pflanzenkörper gebildet werden (physiologische Fermente), oder ob es mit fermentirenden Eigenschaften begabte lebende Organismen sind, ähnlich wie die Hefezellen der Alkoholgärung.

Beide Ansichten hatten und haben noch bis auf den heutigen Tag ihre Vertreter. Die grösste und allgemeinste Anerkennung jedoch geniesst unstreitig diejenige Theorie, welche als Fermente der Fäulniss kleinste pflanzliche Organismen (Schizomyceten, Bacterien) betrachtet und den Fäulnissprocess als einen Lebensprocess derselben auffasst.

Diese „vitalistische Theorie“ der Fäulniss entwickelte sich, wie wir im 6. Capitel gezeigt hatten, fast gleichzeitig mit der vitalistischen Gärungstheorie. Es waren im Allgemeinen dieselben Gründe, wie sie für diese aufgestellt waren, welche man auch für die Betheiligung niederer Organismen an Fäulnissprocessen geltend machte, insbesondere die durch die Panspermatiker fest gestellte und allseitig bestätigte Erfahrung, dass die Fäulniss in ihrem Eintritt und ihrem Verlauf beständig coincidirt mit der Entwickelung eben jener kleinsten Organismen, dass die Fäulniss in organischen Stoffen ausbleibt, wenn auch das Leben der Schizomyceten in derselben verhindert wird, dass sie eintritt, sobald die Keime derselben zu den fäulnissfähigen Substanzen ihren Zutritt haben, und endlich dass sie fortschreitet in dem Maasse, als diese Organismen sich in ihnen entwickeln.

Von dieser ganz sicher stehenden Beobachtung bis zur Identificirung der Fäulnissfermente mit eben diesen kleinsten Organismen, war nur ein Schritt. Es haben daher auch sämmtliche Forscher, welchen wir jene genannten Beobachtungen verdanken, Schulze, Schwann, Schröder und von Dusch, van den Broek, H. Hoffmann, Pasteur u. A., mit grosser Einstimmigkeit sich zu dieser Ansicht bekannt. Gleichwohl ist über die Berechtigung dieses Schrittes und über die Zulassung der vitalistischen Theorie für die Fäulnissprocesse sowohl zur Zeit der Untersuchungen Pasteur's (1858—1864), als auch noch in unseren Tagen vielfach und heftig gestritten worden. Wenn man auch in rein practischer Hinsicht dieser theoretischen Frage, ob die Fäulnissfermente belebte oder unbelebte sind, keine so grosse Wichtigkeit beimessen kann, da durch dieselbe die Methode der Bekämpfung der Fäulnissprocesse und das practische Handeln des Chirurgen bezüglich der Wund-

antisepsis kaum beeinflusst wird, so besitzt diese Frage doch unstreitig ein hohes theoretisches Interesse durch die Folgerungen, welche sich aus derselben für gewisse analoge Processe in der menschlichen Pathologie ergeben. Es erscheint daher wünschenswerth, auf eine Discussion dieser vielfach ventilirten Streitfrage etwas näher einzugehen.

Ein Unterschied bestand bezüglich der ursprünglichen Fassung darin, dass man als Ferment derselben nicht Pflanzenzellen, sondern thierische Organismen betrachtete, nämlich eben jene „Vibrionen", welche man nach dem Vorgange Ehrenberg's für animalische Wesen aus der Klasse der Infusorien hielt. Man präcisirte sogar die Verschiedenheit der Gärungs- und Fäulnissprocesse vielfach dahin, dass man die Gärung als eine Zersetzung der Kohlenhydrate durch Pflanzenzellen und die Fäulniss als eine Zersetzung der Proteinsubstanzen durch thierische Zellen bezeichnete. Auch Pasteur hat diesem Irrthum seiner Zeit noch gehuldigt. Heute wissen wir durch die Forschungen der Botaniker (Nägeli, Hoffmann, Ferd. Cohn), dass die Vibrionen der Fäulniss gleichfalls pflanzliche Organismen sind und als sogenannte „Spaltpilze" (Schizomyceten) eine besondere Familie des niedersten vegetabilischen Lebens bilden. Jener Unterschied zwischen Gärung und Fäulniss ist also damit gefallen.

Auch diejenige Fassung, welche Pasteur der vitalistischen Theorie durch seinen früher erwähnten Dualismus der Fäulnissfermente gab, hat sich nicht bestätigt. Pasteur[1]) unterschied bekanntlich zwei physiologisch verschiedene Arten von Vibrionen, nämlich 1) solche, welche nur von freiem Sauerstoff leben können und denselben begierig anziehen (Aërobies), — dazu gehören Monas crepusculum und Bacterium termo, Ehrenberg; und 2) solche, welche durch freien Sauerstoff getödtet werden und nur bei Abwesenheit desselben sich zu entwickeln vermögen (Anaërobies), — zu diesen rechnete er die eigentlichen Vibrionen, Vibrio lineola, Bacillus, Spirillum u. a.

Diesem physiologischen Unterschiede entsprechend setzt sich der Process der Fäulniss nach ihm aus zwei verschiedenen Arten von chemischen Vorgängen zusammen. Gewöhnlich entwickeln

---

[1]) L. Pasteur: Récherches sur la putrefaction. Compt. rend., 1863, Bd. 56, p. 1189.



sich zuerst an der Oberfläche faulender Flüssigkeiten Monas crepusculum und Bacterium termo. Dieselben zehren begierig allen freien Sauerstoff aus der Luft auf, bis derselbe vollständig verbraucht ist; alsdann sterben sie ab und fallen zu Boden. Bis hierher haben also nur Oxydationsvorgänge in der Flüssigkeit Statt gehabt, gekennzeichnet durch reichliche Absorption von O und entsprechende Abgabe von CO_2. Sind jetzt nicht entwickelungsfähige Keime von Vibrionen (Anaërobies) vorhanden, so verändert sich die Flüssigkeit nicht weiter und kann in diesem Zustande lange Zeit unzersetzt bleiben. Auch neue Vibrionenkeime, welche durch die Luft der Flüssigkeit zugeführt werden, vermögen sich jetzt in derselben nicht mehr zu entwickeln, da sie durch die Berührung mit dem neu hinzutretenden Sauerstoff der Luft beständig getödtet werden. — Gewöhnlich tritt aber ein anderer Vorgang ein. Die des Sauerstoffs bedürftigen Monaden entwickeln sich an der Oberfläche weiter; sie bilden schliesslich eine dichte Schicht (Bacterienhäutchen), welche das weitere Eindringen des Sauerstoffes in die Tiefe hindert. Unter dieser schützenden Decke entwickeln sich nun die Vibrionen im Innern der Flüssigkeit und rufen die eigentliche Zersetzung der fäulnissfähigen Verbindungen hervor. Es tritt Gestank auf, die Flüssigkeit trübt sich, und das bekannte Bild der Fäulniss tritt in seinem vollen Umfange in die Erscheinung. Die Vibrionen sind also die eigentlichen Reductionsfermente der Fäulniss; sie spalten die hochcomplicirten Stickstoffverbindungen der Proteinkörper in einfachere, aber immer noch zusammengesetzte, während gleichzeitig die Monaden und Bacterien diese Verbindungen weiter oxydiren und in die einfachsten binären Endproducte (CO_2, H_2O, NO_2, N_2O_5 u. s. w.) überführen.

Diese gemeinschaftliche Arbeit der O-bedürftigen Monaden und Bacterien und der O-feindlichen Vibrionen variirt nun sehr erheblich in In- und Extensität je nach der Beschaffenheit der faulenden Stoffe und je nach den Bedingungen, unter welchen die Fäulniss sich vollzieht. In „dicken“ Flüssigkeiten z. B. mit freiem Luftzutritt können Gärung und Fäulniss vollständig ausbleiben und nur Verbrennungserscheinungen auftreten; umgekehrt können bei vollständigem L u f t a b s c h l u s s die von den Vibrionen ursprünglich gebildeten primären Zersetzungsproducte (produits des dédoublements) weiterhin unverändert bleiben, da Monaden sie nicht zu oxydiren vermögen. Aus dem gleichen Grunde ist daher

auch die faulige Zersetzung der Flüssigkeiten bei offenem Luftzutritt immer am vollständigsteu und ausgiebigsten.

Diese Theorie ist unzweifelhaft geistreich, ebenso wie die Gärungshypothesen Pasteur's; allein die Mehrzahl der Fäulnissforcher hat sich dieser Theorie nicht angeschlossen. Vor Allem fand die Pasteur'sche Unterscheidung zwischen sauerstoffbedürftigen Organismen und solchen, welche durch freien Sauerstoff getödtet werden, wie bei der Gärungstheorie, den lebhaftesten Widerspruch. Schon Liebig, Colin u. A. bestritten die Fähigkeit irgend eines lebenden Organismus, seine vegetativen Functionen, als Ernährung, Wachsthum und Vermehrung bei völligem Abschluss der Luft resp. des atmosphärischen Sauerstoffes durchführen zu können, und die Mehrzahl der neueren Forscher hat sich diesem Widerspruche angeschlossen. H. Hoffmann, F. Cohn, Hoppe-Seyler, Lex, Billroth und Paschutin geben ausdrücklich an, „dass die Schizomyceten (Vibrionen, Bacterien) des Sauerstoffes zu ihrer Ernährung in hohem Maasse bedürfen und denselben aus der Luft oder sauerstoffhaltigen Medien begierig absorbiren".

Diesen Einwänden gegenüber hielt jedoch Pasteur seine ursprüngliche Behauptung aufrecht und stützte dieselbe durch einen Versuch[1]). Bei der principiellen Wichtigkeit der aufgeworfenen Frage möge derselbe hier kurz erwähnt werden.

In einem Glasballon wurde eine Lösung von weinsaurem Kalk, phosphorsaurem Kalk und phosphorsauren Alkalien und Erden (künstliche Hefeasche) bis zum Sieden erhitzt, dadurch alle Luft aus der Lösung und aus dem Ballon ausgetrieben, und der Inhalt des letzteren sorgfältig von der Luft abgeschlossen. Nach vollendeter Abkühlung der Flüssigkeit wurde sehr schnell mittelst einer Fiole, ohne dass die Luft von Neuem Zutritt hatte, eine kleine Menge vibrionenhaltiger Flüssigkeit dem Inhalt des Ballons zugemischt und der Ballon bei 25—30° C. aufbewahrt. Es erfolgte schon nach 24 Stunden eine ausgiebige Vermehrung der Organismen; die Flüssigkeit trübte sich von Tage zu Tage bis zur Erschöpfung des weinsauren Kalkes und zeigte bei der microscopischen Untersuchung Vibrionen in lebhafter Bewegung und Ver-

[1]) L. Pasteur: Nouvel exemple de fermentation déterminée par des animalcules infusoires, pouvant vivre sans gaz oxygène libre et en dehors de tout contact avec l'air de l'atmosphère. Compt. rend., 1863, p. 416.



mehrung. Gleichzeitig hatte sich aus der Flüssigkeit eine reichliche Menge freier Kohlensäure entwickelt. Pasteur schliesst daraus, dass die Vibrionen den Sauerstoff aus der festen Verbindung des weinsauren Kalkes gezogen und dadurch den Zerfall dieses Moleküls mit Bildung von CO_2 bewirkt haben. Dieser Versuch ist von ihm mit verschiedenen Modificationen mehrfach wiederholt worden und stets mit demselben Resultat. Pasteur hält es daher für eine unumstösslich erwiesene Thatsache, dass die Organismen der Fäulniss alle ihre Lebenserscheinungen ohne freien O durchzumachen vermögen, dass sie überhaupt nur bei Abwesenheit von O sich entwickeln und denselben aus festen chemischen Verbindungen ziehen, und endlich, dass hierauf ihre fermentirende Wirkung bei der Fäulniss beruhe.

Noch immer bewahren die Botaniker und Physiologen der mit so grosser Bestimmtheit ausgesprochenen und anscheinend experimentell gut begründeten Behauptung Pasteur's gegenüber ihre Reserve. Jedoch ist in neuester Zeit die Pasteur'sche Beobachtung mehrfach bestätigt worden, insonderheit durch die Versuche von P. Hüfner.

Hüfner[1]) benutzte langhalsige Kolben mit ausgezogener Spitze, welche am Halse ein seitliches Ansatzstück trugen. In letzteres wurde ein Tropfen bacterienhaltiger Faulflüssigkeit, in den Kolben bis zu $^3/_4$ seines Volumens eine Mischung von fein zerhacktem Fibrin und Wasser gethan. Durch mehrstündiges Kochen wurde alle Luft aus dem Kolben entfernt und, während der Wasserdampf energisch aus der Mündung ausströmte, die ausgezogene Spitze schnell zugeschmolzen. Dass hierbei keine Spur von Luft in dem Kolben zurückgeblieben war, machte sich durch die vollkommene Erscheinung des Wasserhammers nach dem Erkalten kenntlich. Die Vermischung des Fibrinaufgusses mit der Faulflüssigkeit erfolgte durch mehrmaliges Umkehren des Kolbens. Nachdem die beiden Kolben 2 Wochen hindurch bei einer Temperatur von 30° C. aufbewahrt waren, wurde die Flüssigkeit einer genaueren Prüfung unterworfen. Die Kölbchen waren nunmehr mit Gas erfüllt; die ursprünglich klare Flüssigkeit war trübe und missfarbig geworden, nur anstatt

[1]) Hüfner: Eine neue einfache Versuchsform zur Entscheidung der Frage, ob sich niedere Organismen bei Abwesenheit von gasförmigem Sauerstoff entwickeln können. Journal f. prakt. Chemie. N. Folge. Bd. 13, S. 475.

der weissen Fibrinflocken sah man einen starken Bodensatz von schwärzlichen, feinkrümeligen Massen. Das ausgepumpte Gas bestand ganz aus CO_2 und H. Nach dem Auspumpen zeigte die sauer reagirende Flüssigkeit noch sehr übelen Geruch; microscopisch fanden sich darin „zahlreiche, theils noch lebende, theils bereits abgestorbene Bacterien". Hüfner hält es nach diesem Versuch für vollkommen erwiesen, dass Bacterien bei Abwesenheit von O sich vermehren und auch Arbeit leisten können.

Hiernach scheint also die so viel angefochtene Ansicht Pasteur's eine völlig berechtigte. Wenn auch mit dieser Thatsache die Möglichkeit, dass Bacterien bei völliger Abwesenhoit von Luft sich vermehren können, jedenfalls nicht mehr bestritten werden kann, so scheint es mir doch fraglich, ob diese Möglichkeit nun die Regel ist, ob diese Organismen immer den faulenden Flüssigkeiten den Sauerstoff aus chemischen Verbindungen ziehen und sogar durch Gegenwart freien Sauerstoffs getödtet werden, wie Pasteur ausserdem noch behauptet. Richtig jedenfalls ist, dass lebhaft stinkende Zersetzungen in thierischen Flüssigkeiten, z. B. Blut, zu Stande kommen bei sehr spärlichem Luftzutritt und bei behindertem Wechsel derselben, z. B. in verhaltenen Blut- und Eitermassen unter einem fest angelegten und mehrere Tage nicht gewechselten Verbande, wiewohl eine völlige Abwesenheit von O in solchen Fällen gewiss Niemand behaupten wird. Wir erklären eben dies Verhalten, nach der früher schon auseinandergesetzten Anschauung, aus dem Ueberwiegen der reductiven Fermentationsprocesse mit Bildung von H_2S und H_3N über die oxydativen Fäulnissvorgänge mit Bildung O-reicher (nicht stinkender) Endproducte. Weit mehr zu Gunsten der Pasteur'schen Ansicht möchten die Beobachtungen Billroth's und Tiegel's sprechen, nach welchen in luftdicht in Paraffin eingeschmolzenen Organen (Pankreas, Leber) eine mehr oder weniger reichliche Vermehrung von Coccobacterien fast regelmässig zu Stande kam, obwohl der O-Gehalt der eingeschlossenen Gewebe jedenfalls ein nur geringer und verschwindender war.

Eine andere Behauptung Pasteur's, nämlich die, dass die eigentliche stinkende Fäulniss nur bei der Gegenwart von stäbchenförmigen Vibrionen (Bacteria, Billroth) bewirkt werde, während die kugelförmigen Monaden (Micrococcen) eine mehr untergeordnete und blos oxydative Rolle spielten, ist durch spätere

Forscher ziemlich allgemein bestätigt worden. Es scheint mir jedoch zweifelhaft, ob diese Coincidenz der Bacteriaformen und die Prävalenz dieser Formen bei stinkender Zersetzung wirklich eine wesentliche und ursächliche oder eine mehr zufällige ist; denn aus entwickelungsgeschichtlichen Beobachtungen wissen wir, dass in faulenden Flüssigkeiten immer zuerst nur Micrococcen auftreten und erst nach ihnen oder, wie Billroth annimmt, aus ihnen die Bacterien sich entwickeln. So wäre es denkbar, dass gerade die vorgerückteren Stadien der Fäulniss einen günstigen Boden für die Entwickelung der Bacterien abgeben und aus diesem Grunde bei stinkender Zersetzung gerade diese Formen prävaliren. Indess hat F. Cohn in den letzten Jahren sehr gewichtige Gründe für die ausschliessliche fäulnisserregende Wirkung der Stäbchen-Bacterien beigebracht. Seine Untersuchungen sind auch noch in anderer Beziehung für die vorliegenden Fragen von Interesse, so dass wir auf dieselben hier etwas näher eingehen müssen.

Cohn[1]) fasst das Ergebniss seiner Untersuchungen vorweg in folgendem Satze zusammen: „Die Fäulniss (der Gewebe) ist weder ein aus den chemischen Afffnitäten ihrer Atome von selbst hervorgehende Umlagerung ihrer Meleküle, welcher dieselben unterliegen, sobald sie dem Finfluss des Lebens entzogen sind, noch ist Fäulniss die Folge einer spontanen Verbindung dieser Moleküle mit dem Sauerstoff der Moleküle. Die Fäulniss ist vielmehr ein von Stäbchen-Bacterien (Bacterium termo) erregter chemischer Process."

Die Gründe, welche er in seinen Mittheilungen für diesen mit so grosser Bestimmtheit ausgesprochenen Satz beibringt, sind botanisch-entwickelungsgeschichtlicher Natur und stimmen im Wesentlichen überein mit denjenigen, welche bereits von den Panspermatikern für die vitalistische Theorie geltend gemacht wurden. Alle Fäulniss ist von Bacterienentwickelung begleitet. Sie unterbleibt, wenn diesen der Zutritt abgesperrt wird. Die Fäulniss beginnt, sobald Bacterien, wenn auch in geringster Zahl, absichtlich oder unabsichtlich zugeführt werden; sie schreitet fort in demselben Maasse, als diese kleinsten Organismen sich vermehren; sie wird

---

[1]) F. Cohn: Untersuchungen über Bacterien, Beiträge zur Biologie der Pflanzen. 1872, Heft 2, S. 202 u ff. — Derselbe: Ueber Bacterien und deren Beziehungen zu Fäulniss und zu Contagien. Schles. Gesellsch. f. vaterl. Cultur. Naturw. Section. Sitzg. v. 14. Febr. 1872.



verlangsamt, wenn die Bacterien, z. B. bei niederen Temperaturgraden, eine geringere Lebensthätigkeit entfalten; sie wird endlich zum Stillstand gebracht durch alle diejenigen Einflüsse, welche die Vermehrung der Bacterien hemmen oder dieselben tödten. Mit der Beendigung der Fäulniss hört auch die Vermehrung der Bacterien auf, welche sich als pulveriger Absatz oder in Form von Gallertklumpen (Zoogloea) niederschlagen, ähnlich wie die Hefe in ausgegorenen Zuckerlösungen.

„Es kann daher nicht mehr daran gezweifelt werden, dass Bacterien in gleicher Weise wesentlich Factoren der Fäulniss sind, wie dies für die Alkoholgärung von den Hefepilzen erwiesen ist. Die Bacterien sind auch die einzigen Organismen, welche unter allen Verhältnissen und, wenn der Zutritt fremder Keime verhindert wird, ausschliesslich bei der Fäulniss auftreten. Sie sind daher allein Erreger der Fäulniss (Saprogene), während die übrigen in faulenden Stoffen sich häufig entwickelnden Schimmelpilze und Infusorien nur als Begleiter der Fäulniss (Saprophile) zu betrachten sind.“

Unzweifelhaft sind die von Cohn ausgeführten Beobachtungen vollkommen zutreffend; dies ist auch von allen Beobachtern zu allen Zeiten anerkannt worden. Auch das lässt sich nicht leugnen, dass der daraus gezogene Schluss, eben diese Bacterien seien die Erreger der Zersetzung, bei der Analogie mit der Alkoholgärung und der frappanten Coincidenz mit dem Verlauf der Fäulniss, einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit hat. Allein strenge bewiesen, wie Ferd. Cohn meint, ist jene Schlussfolgerung mit den aufgeführten Argumenten noch keineswegs. Daraus, dass zwei Phänomene gleichzeitig und mit einer gewissen Parallelität neben einander verlaufen, lässt sich noch nicht schliessen, dass das eine Phänomen das andere bedinge; mit anderen Worten, es lässt sich aus der blossen Coincidenz der Bacterienentwickelung mit der Fäulniss und aus dem Nachweis der Unzertrennlichkeit beider noch nicht erschliessen, ob hier die Fäulniss durch das Leben niederster Organismen bedingt, oder ob die Entwickelung dieser Organismen durch den Process der Fäulniss bedingt ist. —

Um diese Frage exact zu entscheiden, war vor allen Dingen erforderlich, dass man die Lebensweise und die Ernährungsverhältnisse der Bacterien, d. h. die Stoffe, welche sie verbrauchen, und die Producte, welche sie bilden, genauer studirte.

Diese Stoffwechseluntersuchungen sind zuerst von F. Cohn selbst mit Eifer betrieben worden, wenn auch gewöhnlich nur in der Richtung, um die Nährstoffe der Bacterien und damit die Ernährungsbedingungen genauer zu ermitteln.

Bekanntlich hatte Pasteur eine Methode kennen gelehrt, die Hefezellen in einfachen mineralischen Salzlösungen künstlich zu züchten. Sanderson fand sodann, dass die ursprüngliche Pasteur'sche Lösung auch für Fäulnissbacterien eine geeignete Nährflüssigkeit sei, und Cohn endlich hat, wie wir bereits früher erwähnten, durch methodische Combination und Variation der betreffenden Nährsalze diese Lösungen ausserordentlich vereinfacht. Cohn zeigte die für die Kenntniss der Lebensweise der Bacterien ausserordentlich wichtige Thatsache, dass „dieselben sich völlig normal in jeder Flüssigkeit entwickeln und vermehren, welche ausser Ammoniak und Salpetersäure noch einen stickstofffreien, kohlenstoffhaltigen Körper enthält“. Wie die früher genannten verschiedenartigen Lösungen von weinsaurem Ammoniak und gewissen mineralischen Stoffen, eignen sich nach ihm Lösungen von bernsteinsaurem Ammoniak, von weinsaurem Kali und salpetersaurem Ammoniak, von Glycerin und salpetersaurem Kali, von weinsaurem und salpetersaurem Kali u. s. w. zur Züchtung dieser niedersten Geschöpfe, wofern diesen Lösungen noch kleine Mengen von Phosphorsäure, Schwefelsäure, Kali, Kalk und Magnesia zugesetzt werden. In Harnstofflösungen von entsprechender Mischung entwickeln sich dagegen die Bacterien nicht.

Aus diesen interessanten Versuchen geht hervor, dass die Schizomyceten keineswegs, wie man früher glaubte, fertig gebildete organische Substanz in sich aufnahmen, sondern dass sie das N-haltige Protoplasma ihrer Zellen — wahrscheinlich in Uebereinstimmung mit allen grünen Pflanzen der Erde — aus einfachsten mineralischen Stoffen, aus organischen und anorganischen Salzen, synthetisch aufbauen. Es kann daher die Stoffwechselleistung der Bacterien bei der Fäulniss auch nicht darauf beruhen — wie die Anhänger der vitalistischen Theorie früher annahmen und noch heute behaupten — dass die Bacterien die fäulnissfähigen organischen Verbindungen des Thierkörpers als Nährstoffe in sich aufnehmen und die Fäulnissproducte als Stoffwechselproducte ausscheiden; sondern es kann ihre Arbeitsleistung bei der Fäulniss nur so aufgefasst werden, dass sie die durch die primären Um-

setzungen aus den Eiweisskörpern und anderen Proteinverbindungen gebildeten Anfangs- und Zwischenproducte der Fäulniss, also namentlich die zahlreichen organischen und anorganischen Salze und Basen, als Ernährungsmaterial in sich aufnehmen und durch ihren Stoffwechsel weiter zerlegen. —

Mit diesen Ergebnissen stimmen auch die Erfahrungen überein, welche Billroth über das Auftreten der Bacterien im lebenden und gesunden Körper gemacht hat. Durch zahlreiche und mühevolle Versuche hatte er festgestellt, dass Coccobacterien sehr häufige Begleiter gewisser, selbst nicht infectiöser Krankheitsprocesse beim Menschen, z. B. Entzündungen, Eiterungen, Exsudatbildungen und mortificirender Processe sind, und dass dieselben selbst in solchen Fällen häufig angetroffen werden, in welchen ein Eindringen dieser Organismen von aussen zu dem Erkrankungsherd bestimmt ausgeschlossen werden kann, also bei allen subcutanen Krankheitsprocessen. Weitere Erfahrungen an amputirten Gliedmassen, die luftdicht verkittet wurden, an in Paraffin eingeschmolzenen Organen u. s. w. lehrten ihn, dass in den oben genannten Fällen die vorgefundenen Micrococcen und Bacterien nur aus bereits vorhandenen Keimen hervorgegangen sein können, welche der gesunde Körper während des Lebens schon in sich trägt. Das Bemerkenswerthe hierbei war nur dies, dass die in den Geweben des lebenden Körpers schlummernden Keime der Schizomyceten, welche wir tagtäglich durch Athmung und Ernährung in uns aufnehmen, so lange Zeit im lebenden Körper verweilen, ohne sich weiter zu entwickeln, und dass dieselben immer sich nur dann vermehren, wenn durch irgend welche krankhaften Processe an einem Theile des Körpers Störungen in dem biochemischen Verhalten desselben eingetreten sind.

Dies kann wohl nur so erklärt werden, dass der gesunde menschliche Körper keine günstigen Bedingungen für die Entwickelung der Coccobacterien darbietet, sondern immer erst der kranke oder der todte Körper. Die physikalischen Bedingungen der Entwickelung, die Wärme und das Wasser sind im gesunden wie im kranken Körper in gleichem Maasse vorhanden; es kann daher die Ursache dieser Verschiedenheit entweder nur in einer verschiedenen Beschaffenheit der Nährstoffe liegen, welche durch den krankhaften Process modificirt werden, oder in noch unbekannten physikalischen Wirkungen, welche der Krankheitsprocess hervorruft (z. B. Ver-

langsamung oder Hemmung des Blut- und Säftestroms). Billroth selbst hat seine Ansicht hierüber mit folgenden Worten ausgesprochen: „Die Coccobacteriasporen sind nicht im Stande, die Eiweisskörper in der Form, in welcher sie sich im gesunden Organismus befinden, zu assimiliren".

Diesem Satze schloss sich auch E. Tiegel an, welcher die Resultate Billroth's bezüglich des Vorkommens von Coccobacteriasporen im gesunden Körper durch genaue Versuche bestätigte. —

Ich selbst habe noch einen andern Weg eingeschlagen, um über die Fähigkeit der Bacterien, von Eiweisskörpern sich zu ernähren oder Eiweisskörper zu zerlegen, Gewissheit zu erlangen. Ich benutzte für diesen Zweck wiederum Hühnereier. Eier enthalten bekanntlich alle für die Ernährung lebender Wesen erforderlichen organischen oder anorganischen Stoffe in glücklicher Vereinigung. Bei der Leichtigkeit, mit welcher Bacterien sich in verschiedenen Stoffen vermehren, und bei der ausserordentlich geringen Anzahl von Stoffen, welche zu ihrer Ernährung nothwendig sind, darf man wohl annehmen, dass diese Stoffe zum grössten Theil auch in den Hühnereiern vorhanden sind. Der N- und C-haltige Nährstoff bietet sich ihnen dar in dem Eiweiss der Hühnereier; ebenso sind Phosphorsäure und Schwefelsäure, sowie Kali, Kalk und Magnesia in denselben enthalten. Wären die Bacterien im Stande, aus Eiweisskörpern oder anderen Proteinverbindungen die N- und C-haltigen Bestandtheile ihres Körpers aufzubauen, also die Proteinverbindungen zu assimiliren, so müssen dieselben, in Hühnereier injicirt, sich auch in diesen vermehren.

Ich habe[1]) einer grossen Zahl von Eiern zu verschiedenen Zeiten theils gezüchtete Bacterien aus Pasteur'scher Ernährungsflüssigkeit, theils isolirte Bacterien, welche von den anhaftenden chemischen Bestandtheilen durch Auswaschen befreit waren, in Mengen von 0,2—0,5 Ccm. nach der früher beschriebenen Methode injicirt. Aber obwohl jedes Mal Tausende der kleinsten Organismen in das Innere der Eier hineingetrieben wurden, gelang es mir doch bis jetzt in keinem Falle, eine Vermehrung der Schizomyceten und damit einhergehend eine Zersetzung des Eiweisses (Fäulniss) zu constatiren.

---

[1]) Ein experimenteller Beitrag zur Lehre von der organisirten Natur der Contagien und von der Fäulniss. Vortrag. IV. Chirurgencongress, 8. April 1875. — Auch v. Langenbeck's Archiv f. klin. Chirurgie, Bd. 18, S. 685 u. ff.

In der Meinung, dass vielleicht Mangel an Luft und unzureichende Zufuhr von Sauerstoff die Ursache des Ausbleibens der Bacterienentwickelung sei, modificirte ich diese Versuche in der Weise, dass ich mir Züchtungsflüssigkeiten bereitete, in welchen der N- oder C-haltige Körper ersetzt war durch Albumin oder Glutin. Solchen Lösungen wurde unter den üblichen Cautelen ein Tropfen bacterienhaltiger Flüssigkeit hinzugesetzt und die Gefässe dann bei 30° C. mehrere Tage aufbewahrt. Auch hier gelang es mir in keinem Falle, eine Vermehrung der implantirten Organismen oder eine Zersetzung der Eiweissstoffe herbeizuführen. Alle diese Lösungen blieben 8—10 Tage hindurch vollkommen klar und unzersetzt. —

Nach allen diesen Erfahrungen scheint es mir zur Evidenz nachgewiesen, dass die Schizomyceten der Fäulniss für sich nicht im Stande sind, die unzersetzten Eiweisskörper und andere Proteinverbindungen als Nährstoffe zu assimiliren oder in derselben Weise zu zerlegen, wie es bei der Fäulniss geschieht.

Sehr wenig verständlich scheint es mir daher, wenn Ferd. Cohn nach obigen Erfahrungen die Arbeitsleistung der Bacterien bei der Fäulniss so auffasst, dass er sagt: „Da die Bacterien den Stickstoff in Form von Ammoniak oder Salpetersäure assimiliren, so lässt sich ihre Arbeit bei der Fäulniss nur so auffassen, dass dieselben die eiweissartigen Verbindungen spalten, und zwar in Ammoniak, welches assimilirt wird, und in andere Körper, welche als Nebenproducte der Fäulniss auftreten....... Fäulniss ist Spaltung von Eiweisskörpern durch Bacterien, in ähnlicher Weise, wie Alkoholgärung Spaltung des Zuckers durch Hefepilze ist“.

Nach obigen Versuchen und Beobachtungen scheint es mir eben ausser Zweifel, dass die Fäulnissorganismen nicht im Stande sind, Proteinverbindungen zu spalten. Ueberhaupt ist, wie wir im ersten Capitel gesehen haben, der Process der Zersetzung keineswegs so einfach, als ihn Cohn sich denkt. Kein Eiweisskörper wird je direct „in Ammoniak und einige Nebenproducte“ zerlegt; sondern diese Zerlegung bei der Fäulniss ist eine allmälige und successive, indem durch verschiedene Phasen hindurch höhere organische Verbindungen in nächst einfachere durch Reduction, Oxydation oder Hydratation umgewandelt werden. Diese Mannigfaltigkeit der

bei der Zersetzung des Eiweissmoleküls in Betracht kommenden Umsetzungsprocesse macht jede einheitliche Erklärung und jedes Zurückführen dieser Processe auf die Wirkung eines Fermentes unmöglich. Ich erinnere hierbei nur an die chemisch genauer bekannte Fäulniss des Fibrins und die verschiedenen Phasen, welche dieser Körper bei seiner Zersetzung durchläuft. Von dem Beginne der fauligen Zersetzung eines Eiweissmoleküls bis zur definitiven Auflösung desselben in seine Endproducte liegt eine Reihe von Veränderungen und Processen, welche bei der Verschiedenheit des chemischen Characters derselben nur durch die Annahme mannigfacher und verschieden wirkender Ursachen erklärt werden können. —

Ich stehe nun allerdings auf dem Standpunkte, dass ich die Gegenwart und die Entwickelung von Bacterien bei der Fäulniss keineswegs für gleichgiltig halte. Es ist nicht wohl denkbar, dass selbstständige, lebende Organismen in so grosser Zahl in einer faulenden Materie vegetiren sollten, ohne in die chemische Constitution dieser Materie ändernd einzugreifen oder einen, vielleicht aus anderen Ursachen erregten, chemischen Process in derselben durch das Hinzutreten ihres eigenen Stoffwechsels zu modificiren. Dabei deutet die Constanz ihres Auftretens und die Gleichzeitigkeit ihrer Entwickelung mit dem Verlauf der Fäulniss mit einer gewissen Sicherheit auf eine wesentliche Betheiligung dieser Organismen an dem Zersetzungsprocess hin. Mir ist in der That kein einziger sicher constatirter Fall bekannt, in welchem stinkende Fäulniss angetroffen wäre ohne Organismen. Diese Regelmässigkeit des Auftretens wird nun zwar häufig durch die ungemein weite Verbreitung der Schizomyceten, oder, wie man auch gesagt hat, die „Allgegenwart" derselben (Ubiquität) in der Natur erklärt; aber diese Erklärung weist nur die Ursachen ihrer constanten Entwickelung nach, ohne die integrirende Wirksamkeit derselben bei der Fäulniss zu widerlegen. Man muss also denjenigen Forschern vollkommen zustimmen, welche als obersten Satz der vitalistischen Theorie diesen aufstellen: „Keine Fäulniss ohne Organismen".

Nun kommt allerdings nicht selten eine Reihe von fauligen Umsetzungen zu Stande, bei denen die Mitwirkung kleinster Fäulnissorganismen bis jetzt weder hat nachgewiesen werden können, noch überhaupt wahrscheinlich ist. In Menschen- und Thierleichen z. B. sehen wir vom Moment des Todes ab eine Reihe von chemi-

schen Metamorphosen und septischen Umwandlungen der Stoffe vor sich gehen, ohne dass es gelingt, hierbei die Anwesenheit von Schizomyceten microscopisch nachzuweisen. Wie der Arzt und der Anatom aus eigener, oft trauriger Erfahrung wissen, werden die Parenchym- und Körperflüssigkeiten einer Leiche bereits zu einer Zeit „zersetzt" und intensiv „septisch giftig" gefunden, wo von niedersten Organismen in denselben noch keine Spur wahrzunehmen ist. Diese Erfahrung ist von den Forschern vielfältig bestätigt worden. So theilt z. B. der Chemiker Kühne, wie Billroth in seinem Werke erwähnt[1]), brieflich an diesen seine Erfahrung in folgenden Worten mit: „In der Leiche werden Sie übrigens häufig, auch wenn die Gewebe schon arg stinken, vergeblich nach Vibrionen suchen". Alle diese primären fauligen Veränderungen in Leichen können, wie es scheint, nur durch die Annahme chemisch wirkender Fermente erklärt werden, welche vielleicht von den Zellen der lebenden Gewebe gebildet wurden, aber nach dem Tode des Organismus ihre fermentirende, spaltende Wirksamkeit bewahrten.

Ganz analog sind die Veränderungen, welche wir an angebrüteten Hühnereiern nach einiger Zeit beobachten. Es ist bekannt, dass Eier, welche eine Zeit lang bebrütet und im Brütact unterbrochen werden, gewöhnlich zersetzt und zum Genusse ungeeignet sind. Diese Veränderungen sind nicht einfach durch den Brütact als solchen bedingt, sondern durch secundäre Processe, welche nach Aufhebung des Brütactes im abgestorbenen Foetus postmortal sich vollziehen. Die Zersetzung bekundet sich durch einen höheren oder geringeren Grad von Maceration der Gewebe, durch missfarbenes Aussehen derselben, häufig auch Schrumpfung und Mumification, und einen eigenthümlich ranzigen Geruch; eigentlich stinkende Fäulniss lässt sich jedoch hierbei nicht constatiren. In allen solchen Brüteiern, welche ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, habe ich Fäulnissorganismen mit nur einiger Sicherheit niemals nachweisen können.

Aehnliche Beobachtungen sind vor Kurzem von Colin gemacht und in der Pariser „Académie de Médecine" mitgetheilt[2]).

---

[1]) Coccobacteria septica, p. 152.

[2]) Bulletin de l'Académie de Médecine de Paris, 1875, No. 7—12. Von mir referirt im Centralbl. f. Chirurgie, 1875, S. 483 u. ff.



Colin stellte 3 Reihen von Versuchen an. In der ersten Reihe wurden die Eier kleinerer Vögel unter gewöhnlichen Verhältnissen aufbewahrt und innerhalb der ersten 2 Wochen untersucht. Sie zeigten sich sämmtlich frisch und, soweit histologisch nachweisbar, frei von Organismen. — Eine zweite Reihe von Eiern wurde 4—5 Tage lang im Brütapparat einer künstlichen Brütung unterworfen, dann herausgenommen und bei gewöhnlicher Temperatur über einen Monat lang aufbewahrt; diese Eier zeigten sämmtlich verschiedene Grade von septischen Veränderungen, nämlich Abnahme des Dotters und entsprechende Zunahme des Luftraumes im Ei bis zu $^1/_2$ oder $^3/_4$ des Gesammtvolumens, ferner Vermischung von Gelb und Weiss, Bräunung und Eindickung des Inhalts und übelen Geruch. Microscopisch konnten Vibrionen mit Sicherheit in keinem Falle nachgewiesen werden. — Eine dritte Reihe von Eiern wurde einfach in Watte verpackt und zum Vergleich ebenso lange Zeit, wie die vorigen, aufbewahrt; hier fand sich nach Verlauf von einigen Monaten nur eine mehr oder weniger beträchtliche Abnahme des Inhalts, bedingt durch Schrumpfung und Eintrocknung desselben, aber keine deutlich faulige Veränderung. Colin schliesst daraus, dass alle Eier unter gewissen Bedingungen (Brütung) in Fäulniss übergehen können, ohne den Hinzutritt atmosphärischer Fermente und ohne die Intervention von niedersten Organismen oder deren Keime. „Für gewöhnlich, bei offenem Luftzutritt, mögen die Organismen bei der putriden Zersetzung eine Rolle spielen. Sie leben von ihren Producten, welche ihnen die Bedingungen ihrer Existenz darbieten; sie modificiren sie in ihrer Weise, ebenso wie die Milben, die Insectenlarven, die Würmer und die Cryptogamen. Aber sie sind viel mehr die Zuschauer und Beneficianten, als die Erreger (Acteurs) der Fäulniss“.

Schon Réaumur hatte angegeben, dass alle Eier, deren Embryo während der Bebrütung abstirbt, in Fäulniss gerathen oder munificiren. Donné will sogar schon durch einfaches Schütteln des Eies und dadurch bewirkte Mischung von Gelb und Weiss Zersetzungserscheinungen haben zu Stande kommen sehen. Auch Billroth führt in seinem bekannten Werke an, dass man in Eiern, die schon deutlich zersetzt sind und oft scheusslich stinken, bei der microscopischen Untersuchung häufig keine Coccobacteriavegetation finde.

Ich möchte jedoch allen diesen microscopischen Untersuchungen keinen zu grossen Werth beilegen, da es bei der grossen Menge von allerlei kleinsten Körnchen im Eidotter oder Eiweiss in den meisten Fällen ausserordentlich schwierig, wenn nicht gar unmöglich erscheint, die Diagnose auf kleinste pflanzliche Organismen mit Sicherheit zu stellen. Aus allen diesen Erfahrungen scheint mir aber zur Genüge hervorzugehen, das septische Veränderungen in Eiern, z. B. durch Einleitung des Brütactes und Unterbrechung desselben, zu Stande kommen können, ohne die Gegenwart oder den Hinzutritt entwickelungsfähiger Keime lebender Wesen. Für diese Veränderungen bleibt offenbar nichts anderes übrig, als die Wirksamkeit von Fermenten anzunehmen, welche wahrscheinlich bei der Keimung der Bildungszellen des Dotters in ähnlicher Weise gebildet wurden, wie viele andere physiologische Fermente im wachsenden Thier- und Pflanzenkörper.

Es ist diese Zersetzung angebrüteter Eier ähnlich derjenigen, welche wir in abgestorbenen Leibesfrüchten des Menschen und der Thiere gewöhnlich antreffen. Auch hier sind es in der Regel nicht stinkende, also streng genommen auch nicht eigentlich putride Veränderungen, welche die abgestorbenen Gewebe zeigen, sondern eigenthümliche chemische und morphologische Alterationen, welche sich hauptsächlich durch eine zerreissliche und mürbe Beschaffenheit der Gewebe, durch graue bis schwärzliche Verfärbung derselben und einen ranzigen oder eigenthümlich käseartigen Geruch kennzeichnen. Man pflegt solche marcerirten Leibesfrüchte in der Geburtshülfe als „todtfaule Früchte“ zu bezeichnen. Auch hier ist die Intervention pflanzlicher Microorganismen bisher nicht constatirt worden. Ueberhaupt ist es nicht unwahrscheinlich, dass alle in die Kategorie der „nicht stinkenden“ Zersetzungen (Rindfseisch) gehörigen Fäulnissprocesse ohne die Betheiligung von Schizomyceten vor sich gehen und durch andere, von den thierischen Geweben selbst gebildete Fermente bewirkt werden. —

Wenn wir diese, anscheinend ohne Organismen verlaufenden, Zersetzungen mit denjenigen vergleichen, bei welchen die Mitbetheiligung von Schizomyceten ausser allem Zweifel ist, so fällt zwischen beiden sofort ein sehr wesentlicher Unterschied auf. Die fauligen Umsetzungen ersterer Art verlaufen fast immer ohne Gestank, haben einen langsamen und protrahirten Gang und werden wohl nur selten vollständig bis zu Ende durchgeführt; die meisten Processe dieser

Art, die wir kennen, stellen primäre oder secundäre Umwandlungen der Eiweisskörper und Proteinsubstanzen dar, welche eine gewisse Phase nicht überschreiten. Die eigentliche, von Bacterien begleitete Fäulniss hingegen ist stets characterisirt durch einen mehr oder weniger lebhaften Fäulnissgestank, durch eine gleichmässig fortschreitende und bis zu Ende durchgeführte Zersetzung und durch die völlige Decomposition der Materie bis in die einfachsten binären Spaltungsproducte. Bei Gegenwart von Organismen also stets Fäulnissgestank und vollständige Zersetzung, bei Abwesenheit derselben kein Fäulnissgestank (H_2S, H_3N) und unvollständige Zersetzung.

Hieraus scheint mir die Schlussfolgerung ausserordentlich nahe zu liegen, dass gewisse faulige Umsetzungen der Proteinsubstanzen zwar ohne Organismen möglich sind, aber vollständige Fäulniss immer nur unter Mitwirkung von Organismen zu Stande kommt. Ohne Zweifel sind bei den primären Umwandlungen der thierischen Gewebe und Flüssigkeiten einfache chemische Fermente thätig; aber diese Fermentthätigkeit stellt nur eine Phase der Fäulniss dar. Sie bleibt eine unvollständige, so lange die Mitwirkung niederer Organismen dabei ausgeschlossen ist; sie wird dagegen eine vollständige (Fäulniss), wenn niederste Organismen zu den todten Stoffen Zutritt haben und sich in denselben vermehren. —

Allerdings haben einige Experimentatoren Beobachtungen mitgetheilt, in welchen selbst stinkende Zersetzung fäulnissfähiger Substanzen eingetreten sei ohne die Intervention pflanzlicher Organismen; allein diese Versuche werden in ihrer Beweisfähigkeit vielfach angefochten. Solche Versuche hat zuerst Helmholtz im Jahre 1843 mitgetheilt. Helmholtz[1]) suchte namentlich die durch Liebig's geistvolle Deductionen und die Versuche der Panspermatiker angeregte Frage zu entscheiden, ob die von fauligen Substanzen ausgehenden Gase und diffusiblen löslichen Stoffe, oder die in faulenden Flüssigkeiten und in der Atmosphäre enthaltenen festen Körperchen (Keime niederer Organismen) die Fäulniss thierischer Stoffe erregen. Durch Siedehitze wird die innewohnende Thätigkeit beider aufgehoben; auch durch chemische Mittel konnte die Trennung beider Agentien nicht gelingen, weil dieselben stets Fäulniss und Leben

[1]) Helmholtz: Ueber das Wesen der Gärung und Fäulniss. J. Müller's Archiv f. Anatomie, Physiologie u. wissensch. Medicin, 1843, S. 453,

zugleich zerstören. **Helmholtz** versuchte daher die Trennung derselben auf rein mechanischem Wege, indem er in abgesperrte fäulnissfähige Flüssigkeiten durch eine Blase hindurch mittelst der Endosmose faulende Flüssigkeit oder reines Wasser hindurchtreten liess.

Zu diesem Zweck füllte er ein etwas weites Reagirgläschen mit der zu untersuchenden Flüssigkeit ganz an, band eine Blase mit Einschluss möglichst weniger Luft darüber, erhitzte es vorsichtig auf 100° C., wobei sich die kleinste Schadhaftigkeit der Blase durch Austritt der stark gepressten Flüssigkeit zu erkennen gab, und stellte es nach vollendeter Abkühlung umgekehrt in eine andere Flüssigkeit. „Die Fäulniss trat in diesen Fällen in der eingeschlossenen Substanz fast ebenso schnell ein, wie in einer nicht abgesperrten, gab sich durch den bekannten widerlichen Geruch und Geschmack, durch Entfärbung des Lackmus, Entwickelung von Gasarten aus Proteinverbindungen, durch Verwandlung des Leims in extractive Materie zu erkennen; dagegen ist das Ansehen einer auf diese Weise faulenden Flüssigkeit ein durchaus anderes. Dieselbe bleibt nämlich vollkommen klar; Fleischstücke zerfliessen nicht zu einem trüben Brei, sondern behalten trotz der von ihnen ausgehenden Gasentwickelung vollständig ihre Structur, sogar bis zu den Querstreifen der Primitivbündel, werden consistenter, wie ganz hart gekochtes Eiweiss, und bei der microscopischen Untersuchung findet man nicht die geringste Spur von Infusorien oder regelmässigen feinen vegetabilischen Bildungen, die sich sonst in so grosser Menge zu zeigen pflegen."

„**Aus diesen Versuchen geht hervor, dass die Fäulniss unabhängig von dem Lebensprocesse bestehen kann und nur in der Form durch diesen geändert wird, dass zu ihrer Einleitung der Zutritt fauler Flüssigkeiten oder Dünste hinreicht, und dass organische Wesen nur dann entstehen, wenn die Möglichkeit des Zutritts fester Körper (also auch organischer Keime) vorhanden ist**" [1]).

[1]) Dieselben Versuche hat **Helmholtz** an Weinmost angestellt, wobei er die den eingeschlossenen Most abschliessende Blase in eben solchen, gleichfalls ausgekochten Most stellte. In diesen Versuchen trat jedoch im inneren Rohr geistige Gärung niemals ein, sondern immer erst, wenn unfiltrirte Gärungsflüssigkeit oder unfiltrirte Luft Zutritt hatte. **Helmholtz** schliesst daraus, dass „**die weinige Gärung dennoch an den Zutritt eines festen Körpers, der Hefe, gebunden ist, welcher durch die Blase zurückgehalten wird.**"



Gegen diese Versuche hat Loewig[1]) eingewendet, dass nur die durch Endosmose in das innere Rohr eingedrungenen Theile der äusseren Substanz im inneren Rohr weiter gefault und somit die Ursachen der Veränderungen gewesen wären, die Lösungen selbst dagegen wahrscheinlich unzersetzt geblieben seien. Dieser Einwand erscheint jedoch bei näherer Prüfung kaum gerechtfertigt. Denn zugegeben, dass wirklich nur die diffundirten, bereits in Fäulniss begriffenen Proteinsubstanzen der äusseren Flüssigkeiten im inneren Rohr weiter gefault wären, so beweist doch dies Weiterfaulen bei völliger Abwesenheit microscopischer Organismen, dass die einmal eingeleitete Fäulniss nun auch ungestört weiter gehen kann, wenn man die Gegenwart niederer Organismen von derselben ausschliesst.

Helmholtz selbst tritt diesem Einwand in seiner Mittheilung bereits entgegen, indem er sagt[2]): „dass hier nicht blos eine Transfusion der Fäulnissproducte von aussen in den inneren Raum stattfindet, lässt sich am besten daran erkennen, dass die Gasentwickelung von Fleischstücken, sobald sie einmal angefangen hat, nicht aufhört, auch wenn man das Gefäss aus der äusseren Flüssigkeit herausnimmt und die Blase durch eine Schicht Siegellack vor der Berührung mit der Luft schützt.“ Dieses Gas wurde zu 2 Dritttheilen von caustischem Kali absorbirt und schwärzte schnell eine Bleisalzlösung, bestand also unzweifelhaft aus Kohlensäure und Schwefelwasserstoff.

Ich selbst habe Versuche über das Vorhandensein diffusibler gelöster Fäulnissfermente an Hühnereiern angestellt, indem ich dieselben mit unversehrter Schale 8—14 Tage lang in verschiedene Faulflüssigkeiten, Harn, Fleischwasser, Blutwasser u. dergl., hineinlegte. In keinem der Fälle jedoch waren die Eier nach dieser Zeit in Fäulniss übergegangen; zwar rochen einige derselben bei der Eröffnung schwach ammoniakalisch und selbst schwach faulig, doch war das Eiweiss unzersetzt und morphologisch kein Zeichen irgend welcher fauligen Zersetzung wahrnehmbar. Ganz dasselbe Resultat erhielt ich auch, wenn ich Eier benutzte, deren Kalkschale zufällig oder absichtlich fracturirt oder durch Behandeln mit verdünnter Salzsäure macerirt und erweicht worden war; höchstens war in

[1]) C. Loewig: Chemie der organ. Verbindungen. Braunschweig, 1846.
[2]) a. a. O., S. 460.

letzteren der Geruch der faulenden Flüssigkeiten, in welchen sie gelegen hatten, deutlicher. — Aehnliche Versuche mit Hühnereiern sind in neuerer Zeit von Colin angestellt worden. Ein Ei z. B., welches 48 Stunden in faulendem Blut gelegen hatte, hatte während dieser Zeit 3,5 Decigrm. Blutflüssigkeit absorbirt, wurde jedoch bei der Untersuchung frei von Fäulniss und von Vibrionen gefunden. Colin erinnert hierbei daran, dass die Eier vieler Thierklassen, selbst solche Eier, welche nur eine membranöse Umhüllung besitzen, z. B. von Amphibien und Fischen, wochenlang in faulenden Stoffen, im Schlamm der Sümpfe und in Düngerhaufen liegen; aber obwohl diese Stoffe wahre Brutstätten für Fäulnissorganismen sind, geht doch die Entwickelung der Eier theils durch die erwärmende Kraft der Sonne, theils durch die bei der Zersetzung frei werdende Wärme ungehindert von Statten.

Es ist möglich, dass in diesen Versuchen die structurlose, geschichtete Membran der Eier keine so günstigen Bedingungen für die Endosmose fauliger Flüssigkeit von aussen her darbietet, als die thierische Blase in den Versuchen von Helmholtz, oder aber dass Druckverschiedenheiten zwischen dem Eiinhalt und der Faulflüssigkeit oder auch die verschiedene chemische Beschaffenheit beider Substanzen das negative Ergebniss veranlasst habe. Jedenfalls scheint mir bei der exacten Versuchsanordnung von Helmholtz die Thatsache vorläufig immer noch unerschüttert zu bestehen, dass thatsächlich lösliche und diffusible Stoffe, welche die Fäulniss zu erregen vermögen (lösliche Fäulnissfermente), in faulenden Flüssigkeiten vorkommen. Aber die durch diese Fermente in jenen Versuchen bewirkte Fäulniss ist, wie aus den angeführten Beispielen ersichtlich, verschieden von der gewöhnlichen Fäulniss mit Bacterienentwickelung; sie war, wie Helmholtz angiebt, weit weniger intensiv, vermuthlich auch viel weniger vollständig, als diese und liess die Structur der Gewebe fast völlig intact.

In jüngster Zeit sind diese Versuchsergebnisse in beachtenswerther Weise bestätigt worden durch Hoppe-Seyler und Paschutin. Hoppe-Seyler[1]) hatte folgende Versuche angestellt.

Erstens: eine filtrirte, völlig durchsichtige, aber stark fluorescirende Portion von Eiterserum war unmittelbar nach der

---

[1]) Hoppe-Seyler: Ueber Fäulnissprocesse und Desinfection. Medicinisch-chemische Untersuchungen, 1871, Heft 4, S. 161.



Filtration mit sehr kleinem Luftraum in ein Glasrohr eingeschmolzen und ungefähr 6 Jahre bei gewöhnlicher Zimmertemperatur aufbewahrt. Beim Oeffnen des Rohrs zeigten sich unbedeutender Gasdruck, Entwickelung von CO_2 und Spuren von H_2S; die Fluorescenz war geschwunden und ein Niederschlag entstanden von Tyrosin. Bei der chemischen Untersuchung fanden sich reichlich Leucin, Tyrosin und peptonähnliche Körper, ferner Buttersäure und feste Fettsäuren und nur ganz geringe Mengen unzersetzter Eiweissstoffe. „Von lebenden Organismen waren in der Flüssigkeit keine Spuren aufzufinden.“ — Der Eiweissgehalt der Flüssigkeit war beim Beginn des Versuches so reichlich, dass das Serum beim Kochen vollständig gestand, wie das Weisse im Ei. Es war hier also der überwiegende Theil der Albuminate in primäre und secundäre Spaltungsproducte zersetzt, allem Anscheine nach ohne die Betheiligung irgend eines lebenden Organismus.

Zweitens: in der zweiten Versuchsreihe wurde filtrirte, völlig durchsichtige, frische Hydrocelenflüssigkeit in Glasröhren eingeschmolzen, mit sehr wenig Luft, und die Röhren alsdann 32 Tage auf einer Temperatur von 35—45° C. erhalten. Die Flüssigkeit trübte sich bald und setzte allmälig einen flockigen Niederschlag ab. Beim Oeffnen entwichen übelriechende Gase, in welchen CO_2, H_2S und Spuren von H nachgewiesen wurden. Die genaue chemische Analyse — verglichen mit der ursprünglichen Hydrocelenflüssigkeit — ergab einen Verlust an organischer Substanz von ca. 5,283 pro mille, ferner Leucin und Tyrosin über 10 pro mille, ferner peptonartige Stoffe, endlich Buttersäure, Baldriansäure, Capronsäure, Caprylsäure und H_3N. „Die microscopische Untersuchung des flockig körnigen, schnell abfiltrirten Niederschlages ergab durchaus keine Spuren von Organismen“. — Eine zur Controle aufgestellte Portion derselben Hydrocelenflüssigkeit in einem nur lose verkorkten Gefäss zeigte um dieselbe Zeit unzählige Monaden und Vibrionen, dabei aber noch sehr bedeutenden Eiweissgehalt.

Drittens: in einer dritten Versuchsreihe wurden 3 Glasröhren bis auf einen kleinen Luftraum mit frisch filtrirter Hydrocelenflüssigkeit angefüllt und zugeschmolzen. Die ersten Röhren wurden 3 Monate lang bei gewöhnlicher Temperatur aufbewahrt; die eine derselben zeigte nach dieser Zeit mässige Grade von Zersetzung (noch nicht $^1/_2$ pCt. Eiweiss war umgewandelt). Die

andere Röhre wurde dann noch 4 Wochen lang bei 30—40° C. erhalten. Diese Röhre zeigte beim Oeffnen vorgeschrittene Grade von Zersetzung, Bildung stinkender Gase und Vibrionen in mässiger Zahl. Das dritte Rohr endlich, welches dieselbe Zeit lang bei gewöhnlicher Temperatur aufbewahrt war, zeigte ebenfalls fortgeschrittene Zersetzung, doch weniger lebhaft, als im zweiten Rohr, und gleichfalls eine mässige Menge von Vibrionen.

Aus diesen Versuchen, von welchen eigentlich wohl nur die ersten beiden Reihen beweiskräftig scheinen, schliesst Hoppe-Seyler „die Unhaltbarkeit der Ansichten von Pasteur und die Nothwendigkeit der Trennung der Fermente und ihrer Processe von dem Leben und Wachsthum niederer Organismen". —

Auch diese Versuche sind in ihrer Beweisfähigkeit angefochten worden. Hauptsächlich waren es theoretische Bedenken, welche man gegen die Abwesenheit von Vibrionen geltend machte. Ausserdem hat Kühne[1]) in jüngster Zeit mitgetheilt, dass nach seinen Erfahrungen Transsudate, welche längere Zeit in Glasröhren eingeschlossen sind und dabei reichlich Leucin und Tyrosin gebildet haben, regelmässig Bacterien enthalten.

Wenn man auch zugeben muss, dass bei dem Aufsammeln und Einfüllen der Flüssigkeiten in die Röhren die Möglichkeit des Zutritts von Keimen aus der Luft nicht ausgeschlossen ist, so ist doch andererseits nicht zu verkennen, dass die Bedingungen für eine ausgiebige Entwickelung derselben in den zugeschmolzenen Glasröhren keine sehr günstige waren, was auch durch den negativen microscopischen Befund zum Mindesten sehr wahrscheinlich wird. Auch wenn sich anfänglich Schizomyceten entwickelt und vermehrt hätten, aber nach einiger Zeit abgestorben und vielleicht selbst in Fäulniss übergegangen wären, so würde doch ihre Gegenwart, ohne die gleichzeitige Anwesenheit chemischer Fermente, kaum hingereicht haben, um die in jenen Versuchen constatirten fauligen Zersetzungen zu erklären.

Wichtig und meines Erachtens auch völlig einwandfrei sind weiterhin die Versuche von Paschutin[2]). Derselbe hatte, wie

[1]) Centralbl. für die medicin. Wissensch., 1878, No. 20, S. 357.

[2]) V. Paschutin: Einige Versuche über Fäulniss und Fäulnissorganismen. Virchow's Archiv, a. a. O.



schon einmal erwähnt, gut abgekochte Froschmuskelinfuse und Muskelstückchen mit verschiedenen Gasarten vorsichtig in Glasröhren eingeschmolzen.

Wir wollen die Einzelheiten der Versuchsanordnung nicht wiederholen und nur die beachtenswerthen Resultate mittheilen, zu welchen er gelangte. Er fand: „Bei Abwesenheit von O können Umsetzungsproducte gebildet werden, welche wir als wichtige Glieder des Fäulnissprocesses kennen, Schwefelalkali und Tyrosin, ersteres in Infusen, letzteres auf den Muskelstücken. Diese Spaltungsprocesse gehen jedoch (bei Abwesenheit von Luft) nur bis zu einem gewissen Punkte; sie bedürfen, um weitergehen zu können, der Zuleitung der Luft. Die Bacterienentwickelung geht bei gewöhnlicher Fäulniss nur eine bestimmte Zeit lang vor sich, wenn auch die chemischen, zersetzungsfähigen Substanzen noch lange nicht verbraucht sind; denn es kommen durch den Fäulnissprocess Producte zu Stande, welche das Wachsthum der Bacterien und Micrococcen hindern (kohlens. Ammoniak, Schwefelammonium u. a.) Ueberhaupt ist die Rolle, welche die in faulenden Flüssigkeiten sich entwickelnden Micrococcen und Bacterien spielen, nur schwierig mit einiger Sicherheit zu entscheiden; jedenfalls aber ist dieselbe nicht so bedeutend, als man gewöhnlich annimmt. Tyrosin wird ohne sie gebildet, H_2S und gewisse riechende Substanzen wahrscheinlich ebenfalls, da sie viel später auftreten, als eine Zunahme von Bacterien bemerkbar ist. Für die langsam erfolgende nachträgliche Vernichtung des Tyrosin's, der riechenden Substanz und für die Entwickelung der alkalischen Reaction kam eine Betheiligung der Organismen zur Zeit nicht ausgeschlossen werden“. —

Alle diese Erfahrungen liefern unzweifelhaft einen neuen Beweis für die oben ausgesprochene Anschauung, dass neben der Thätigkeit der in faulenden Flüssigkeiten constant sich entwickelnden Flüssigkeiten auch ungeformte chemische Fermente an dem Fäulnissprocess wesentlich betheiligt sind, und dass diesen Fermenten aller Wahrscheinlichkeit nach die Aufgabe zufällt, die primären Umwandlungen der Eiweisstoffe und gewebsbildenden Substanzen, also die Anfangsstadien der fauligen Zersetzung, zu bewirken. Diese Ansicht wird sehr wesentlich gestützt durch die Thatsache, dass wir bereits einzelne solcher Fermente kennen, durch

welche Eiweisskörper oder deren Derivate in ganz derselben Weise zerlegt werden, wie bei der Fäulniss.

Schon seit längerer Zeit hatte man in dem Secret der Bauchspeicheldrüse (Pankreas) ein Ferment nachgewiesen, welches die Fähigkeit besitzt, Eiweiss zu verdauen. Die Untersuchungen von W. Kühne, Schwerin, Senator u. A. haben nun ergeben, dass dieses im Pankreas reichlich enthaltene Ferment (Trypsin) die Eiweissstoffe bei 40° C. ziemlich schnell, wie bei der Fäulniss, umwandelt in Leucin, Tyrosin und Peptone, ferner in Indol, Naphtylammin, Ammoniak, flüchtige Fettsäuren, Bernsteinsäure, Oxalsäure, Salpetersäure und salpetrige Säure, letztere gebunden besonders an Ammoniak. Muskeln und Blut liefern mit Pankreasferment Leucin, aber nicht Tyrosin; Bindegewebe und elastisches Gewebe zersetzen sich unter seiner Einwirkung ziemlich leicht, das letztere mit der Bildung eines stinkenden Körpers. Eine Betheiligung von Organismen konnte bei dieser Fäulniss durch Pankreasferment anfänglich von den Forschern nicht nachgewiesen werden; neuere Untersuchungen haben jedoch die Gegenwart von Bacterien bei dieser vollständigen Zersetzung ausser Frage gestellt.

Es gewinnt nach den neueren Erfahrungen an Wahrscheinlichkeit, dass durch Trypsin wiederum nur die primären Umsetzungen des Eiweisses (Bildung von Leucin, Tyrosin und Peptonen) bewirkt werden, während die weitere Zerlegung dieser Stoffe in secundäre und terminale Spaltungsproducte der Thätigkeit kleinster Organismen zufällt. Kühne[1]) selbst hat ganz kürzlich genauere Untersuchungen mitgetheilt, welche diese Annahme bestätigen.

Nach ihm sind bei der Zersetzung in Pankreasverdauungsgemischen 2 verschiedene Fermente wirksam, das Trypsin und die Bacterien. Durch ersteres bildet sich immer nur Leucin, Tyrosin und Pepton (niemals dagegen Indol). Durch das letztere dagegen werden Indol, Amine, flüchtige Fettsäuren, Ammoniak u. s. w. gebildet. Diese Unterschiede in der Wirksamkeit lassen sich zeigen, wenn man die Entwickelung von Bacterien in den Verdauungsgemischen hindert durch Anwendung antiseptischer Mittel, wie Thymol oder Salicylsäure, welche die Trypsinwirkung nicht beeinträchtigen.

[1]) W. Kühne: Erfahrungen und Bemerkungen über Enzyme und Fermente. Untersuchungen aus d. physiol Inst. zu Heidelberg. Bd. I., Heft 3. — Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1878, S. 357.



Schon M. v. Nencki[1]) und Hüfner hatten von dem stinkenden Zersetzungsproduct des Eiweisses, dem Indol, nachgewiesen, dass dasselbe kein Product der Trypsinwirkungen ist, sondern der in Verdauungsgemischen stets auftretenden Bacterien. —

Für eine andere Art fauliger Zersetzung ist die Darstellung des chemisch wirksamen Ferments bereits ebenfalls gelungen, nämlich für die ammoniakalische Zersetzung des Harnstoffs. Die im Leben und am Krankenbett so ausserordentlich häufig beobachtete Fäulniss des Harns wurde, seit der Entdeckung der im Harn sich entwickelnden Schizomyceten (Torula urinae) durch van Tieghem[2]) (1864), immer in erster Linie von den Aerzten und Physiologen als durch Organismen bedingt angesehen. Auch hier waren es wesentlich Gründe der Coincidenz der Entwickelung jener Organismen mit der Zersetzung, welche nach den Untersuchungen von Pasteur, Cohn u. A. diese vitalistische Erklärung stützten. Auch eine klinische Beobachtung von L. Traube, nach welcher der Harn von Kranken mit Blasencatarrh, welche mehrmals mit nicht ganz reinen Kathetern katheterisirt worden waren, nach einigen Tagen alkalisch zersetzt gefunden wurde und von kleinsten Organismen wimmelte, hat nicht wenig dazu beigetragen, jene Ansicht unter den Aerzten zu befestigen. Man erblickte eben in dieser Beobachtung einen ganz stringenten Beweis für die Thatsache, dass der frisch secernirte saure Harn immer nur dann alkalisch zersetzt werde, wenn die Keime niederster Organismen absichtlich oder unabsichtlich von aussen zugeführt würden.

Diese Ansicht hat sich jedoch weder als richtig erwiesen, noch hat überhaupt die vitalistische Erklärung für die alkalische Harngärung bestätigt werden können. Zunächst ist es eine dem Arzt und Kliniker schon seit Alters her bekannte Thatsache, dass der Harn innerhalb der Blase alkalisch werden könne bei Kranken, welche niemals katherisirt worden waren. Es reicht hierzu das Vorhandensein irgend welcher krankhaften Processe innerhalb der Blase oder in der Nähe derselben hin, wie catarrhalische Entzündung der Blasenschleimhaut, Gangrän derselben, Eiterungen im Bereich des

---

[1]) M. v. Nencki: Zur Geschichte des Indols und der Fäulnissprocesse im thierischen Organismus. Berichte d. deutschen chemischen Gesellschaft, Bd. IX, S. 295.

[2]) van Tieghem: Sur la fermentation ammoniacale. 1864, Compt rend. LVIII, S. 210.



Beckens, Entzündungen der Harnleiter und des Nierenbeckens. Auch kann der hierbei gelassene alkalische Harn in reichlichster Menge niederste Organismen enthalten, ohne dass dieselben von aussen zugeführt wurden. Es ist dies heute gar nicht mehr auffällig, seitdem wir durch zahlreiche Untersuchungen wissen, dass die in den Kreislauf des Organismus aufgenommenen Bacterien durch die Nieren ausgeschieden werden und so in den Harn übergehen können. Es kann daher der beste, frisch gelassene Harn ganz Gesunder, bei welchen niemals Katheter angewendet wurden, wie kürzlich noch Kolaczek nachwies, lebende und entwicklungsfähige Bacterien enthalten.

Dass die Entstehung von Blasencatarrh und von alkalischer Harngärung hier überhaupt nicht auf einer Einführung von fäulnisserregenden Stoffen von aussen beruhe, ist durch die Versuche von P. Dubelt und Colin auf das Bestimmteste erwiesen worden. Colin[1]) hatte einer Kuh 3 Mal hintereinander mit Zwischenräumen von einigen Tagen je 25 Ccm. gewöhnlichen faulen Harns, welcher reichlich Schizomyceten enthielt, in die Blase eingespritzt. In keinem dieser Fälle gelang es jedoch, alkalische Zersetzung des Harns innerhalb der Blase zu bewirken; obwohl der jedesmal danach gelassene Harn in grosser Menge kleinste Organismen enthielt, wurde derselbe an der Luft doch nicht früher alkalisch, als unter gewöhnlichen Verhältnissen. Colin schliesst hieraus, dass die Bacterien an und für sich nicht das zersetzungerregende Moment bei der Gärung sind, sondern dass es hierzu immer der Mitwirkung anderer, von der Blase gebildeter Stoffe bedürfe.

Ebenso hat Dubelt[2]) bei Hunden zahlreiche Injectionen von faulem Wasser, Blut und alkalischem Harn in Mengen von 50 bis 100 Ccm. 2 Mal täglich ausgeführt. Es entstanden in der Regel nach einigen Tagen Zeichen von Catarrh; aber obwohl hier der Harn von Anfang an Bacterien in reichlichster Menge enthielt, wurde er in einer Anzahl von Fällen niemals, in einer anderen nur vorübergehend alkalisch. Denselben negativen Erfolg hatte die Einspritzung von 50 Ccm. Luft. — In einer andern Versuchsreihe

[1]) Colin: Bulletin de l'Académie de Médecine. Paris 1875, No. 7—13. (Discussion über Gärung uud Fäulniss.) — Centralbl. für Chirurgie, 1875, S. 500; von mir referirt.

[2]) P. Dubelt: Ueber die Entstehung des Blasenkatarrhs. Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie, Bd. V, S. 195.

zeigte Dubelt, dass blutige Verletzungen der Harnblase (Operationen) sowohl Blasencatarrh als auch alkalische Harngärung hervorrufen können; doch haben auf die Entstehung der letzteren die Bacterien keinen Einfluss, da dieselben erst auftraten, nachdem der Harn bereits alkalisch geworden war.

Aehnliche Experimente mit übereinstimmendem Resultat sind auch von Feltz und Ritter[1]) angestellt worden. —

Bei den Physiologen galt seit Alters her für die spontan an der Luft eintretende Zersetzung frisch gelassenen Harns immer der demselben beigemengte Schleim als das zersetzungerregende Ferment[2]). Diese Annahme gewann dadurch besonders einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit, dass Harn viel schneller und häufig schon innerhalb der Blase alkalisch wird, wenn die Absonderung des Blasenschleimes, wie beim Blasencatarrh, gesteigert ist. Ich selbst habe ferner mehrfach in der hiesigen Charité die Beobachtung gemacht, dass frisch gelassener Harn von Kranken innerhalb solcher Uringefässe, in welche catarrhalisches Sputum aus den Luftwegen hineingespieen war, oft schon nach wenigen Stunden deutlich alkalisch wurde und Ammoniak entwickelte, während er macroscopisch noch völlig klar erschien und microscopisch nur erst ganz vereinzelte Formen von Schizomyceten enthielt.

Kurzum, es lag nach allen diesen Erfahrungen ausserordentlich nahe, in dem von der Blasenschleimhaut und event. auch von den Luftwegen abgesonderten Schleim die Gegenwart eines Ferments zu vermuthen, welches die Umwandlung des Harnstoffs in Kohlensäure und Ammoniak bewirkt.

Diese Vermuthung ist nun neuerdings durch den Chemiker Musculus zur Evidenz bestätigt worden. Es gelang ihm, dieses Ferment, welches die Fäulniss des Harns bedingt, chemisch darzustellen („Harnstoffferment“). Der schleimreiche Harn von Patienten mit Blasencatarrh wird nach seiner Angabe mit Alkohol versetzt, der Niederschlag abfiltrirt, von Neuem mit Alkohol gewaschen und dann getrocknet. Behandelt man nun dieses trockene Pulver mit Wasser und filtrirt, so erhält man ein anfänglich etwas trübes, später völlig klares Filtrat, welches das Ferment in

---

[1]) Journal de l'anatomie et physiologie. 1874, p. 311.

[2]) Vergl. z. B. L. Hermann: Grundriss der Physiologie des Menschen. Berlin 1867, 2. Auflage. S. 97.



Lösung enthält und microscopisch frei ist von allen körperlichen Elementen. Dieses Filtrat, einer Harnstofflösung zugesetzt, wandelt den Harnstoff sehr schnell in kohlensaures Ammoniak um. 0,1 Grm. des Pulvers in 50 Ccm. Wasser zersetzen 0,2 Grm. Harnstoff bei 35—40° C. schon im Verlauf einer Stunde, also in 24 Stunden nahezu 5 Grm. Harnstoff. — Auf andere im Harn vorkommende N-haltige Stoffwechselproducte, wie Harnsäure, Hippursäure, Kreatin, Acetamid u. a., ist dasselbe ohne Einfluss. Säuren und Alkalien verzögern die Wirkung des Ferments; Aether, Alkohol, Creosot und Carbolsäure haben auf seine Wirksamkeit keinen Einfluss in einer Concentration, in welcher die Entwickelung niederster Organismen völlig gehindert wird. Manche frisch gelassenen Harne enthalten kein solches Ferment; sie können Monate lang an freier Luft stehen, ohne zu faulen. Dagegen findet sich das Ferment stets reichlich in dem trüben, schleimigen Harne von Personen mit Blasencatarrh. Es existirt also nach diesen Untersuchungen unzweifelhaft im Harn Gesunder und Kranker ein durch Alkohol fällbares und in Wasser lösliches Ferment, welches fähig ist, den Harnstoff bei gewöhnlicher Temperatur in Kohlensäure, Ammoniak und Wasser zu zerlegen. —

Diese Angaben, welche die bisherige Anschauung und die vitalistische Theorie Pasteur's hinsichtlich der Harnfäulniss vollständig zu widerlegen schienen, hatten nun Pasteur zu einer Nachprüfung veranlasst. Er hat dieselbe in Gemeinschaft mit Joubert ausgeführt und der Pariser „Académie de Médecine" im Juli desselben Jahres mitgetheilt[1]). Beide Forscher bestätigen die Angaben von Musculus über die Existenz eines „ferment soluble" im Harn; doch nimmt Pasteur im Sinne seiner vitalistischen Theorie an, dass dieses Ferment von den kleinsten Organismen (couples de grains, Diplococcus, Bacterium termo) gebildet werde, wie die Diastase von der keimenden Gerste.

Mir scheint jedoch diese Annahme durch Nichts gerechtfertigt, da wir ja unzählig oft Diplococcus im Harn auftreten sehen, ohne Erzeugung von Ferment. Vielmehr möchte ich der Ansicht von Musculus und den meisten Chemikern beistimmen, dass dieses im Blasenschleim enthaltene Ferment auch von der Blasenschleim-

---

[1]) Pasteur: Sur la fermentation de l'urine, Bulletin de l'Académie de Médecine, 1876, No. 27, p. 672—677.



haut gebildet wird, in ähnlicher Weise, wie das Milchsäureferment bei der Lactation der Milchdrüsen. Ja, es ist sogar nach den oben mitgetheilten klinischen Erfahrungen sehr wahrscheinlich, dass ähnliche harnstoffzersetzende Fermente noch durch andere pathologische Processe, z. B. Entzündungen und Eiterungen in benachbarten Organen, entstehen können.

Wenn somit also für eine Kategorie von Fällen die Ursache der alkalischen Zersetzung des Harns sich mit Sicherheit auf das Vorhandensein eines chemischen Ferments zurückführen lässt, so bleibt zunächst die Frage zu beantworten, ob in allen Fällen von Harnfäulniss ein eben solches Ferment wirksam ist, oder ob nicht für eine andere Kategorie von Zersetzungen dennoch pflanzliche Organismen (Bacterien) die Ursachen derselben sind.

Diese letztere Annahme besitzt eine gewisse Wahrscheinlichkeit für alle diejenigen Fälle, in welchen Harn nach einem bis mehreren Tagen, anscheinend unter dem Einflusse der atmosphärischen Luft, alkalisch wird. Dass hierbei Schizomyceten ausnahmslos und in reichlichster Menge sich entwickeln, ist ausser Zweifel. Auch der braune, erdige Absatz in alten Uringeschirren und Pissoirs, welcher die Eigenschaft, frisch gelassenen Harn alkalisch zu machen, in hohem Grade besitzt, enthält in reichlichster Menge die aus dem faulenden Harn zu Boden gefallenen Bacterien; aber diese braune Incrustation enthält auch stets als wesentlichen Bestandtheil Schleim, welcher in grösserer oder geringerer Menge in jedem Harn sich findet, ferner Harnsäure und harnsaure Salze und Krystalle von phosphorsaurer Ammoniakmagnesia. Man kann also aus dem Umstande, dass diese Abscheidungen in der Regel sehr schnell frisch gelassenen Harn zersetzen, noch nicht den Schluss ziehen, dass das Ferment der Zersetzung jene kleinen Organismen seien, sondern könnte eben so gut ein in den vertrockneten und incrustirten Schleimmassen enthaltenes chemisches Ferment annehmen. Zudem sind in neuerer Zeit zahlreiche Beobachtungen bekannt geworden, welche der Annahme eines organisirten Fermentes sehr wenig günstig sind.

Ich hatte zuerst im Sommer 1872 [1]) am schwarzgrünen Carbolharn die eigenthümliche Eigenschaft beobachtet, dass derselbe

[1]) A. Hiller: Zur Pathogenese des Carbolharns und Gärungserscheinungen desselben. Deutsche Klinik, 1874, No. 4 und 5.



Monate lang nicht in Fäulniss übergeht, trotzdem Fäulnissorganismen sich ungehindert und in der reichlichsten Menge darin entwickeln. Die alkalische Zersetzung erfolgte selbst nach einigen Monaten nicht, nachdem die Bacterien, wie im gewöhnlichen faulen Harn, einen dichten, wolkigen Absatz am Boden gebildet hatten; die saure Reaction des Harns nahm vielmehr an Intensität noch zu. Es lag hier natürlich sehr nahe, in der Gegenwart von Carbolsäure oder Carbolverbindungen im Harn die Ursache des Nichtfaulens desselben zu erblicken. Aber wie dem auch sei, der Umstand, dass dieser Phenolgehalt die Vegetation der Fäulnissorganismen auch nicht in der geringsten Weise beeinträchtigt hatte, und dass dieser vegetative Lebensprocess fast zehn Wochen hindurch nicht im Stande gewesen war, den Harnstoff in Kohlensäure und Ammoniak zu zerlegen, war bei dem damaligen Stande unserer Kenntnisse vom Wesen der Fäulnissfermente jedenfalls auffällig und in hohem Grade beachtenswerth. Ich schloss zunächst aus diesen Beobachtungen, dass eine üppige Bacterienvegetation im Harne möglich sei ohne Fäulniss desselben, und ferner, dass das microscopisch nachgewiesene Vorhandensein von Bacterien in irgend einer fäulnissfähigen Substanz noch keineswegs immer das Vorhandensein von Fäulniss bedinge.

Diese Schlussfolgerungen erhielten eine wesentliche Bestätigung durch eine Versuchsreihe, welche Hoppe-Seyler[1]) über den Einfluss reiner Carbolsäure auf die Fäulniss des Harns mitgetheilt hat. Hoppe-Seyler suchte nämlich die seiner Ansicht nach nothwendige Trennung der Gärungs- und Fäulnissfermente von dem Leben niederer pflanzlicher Organismen auch noch durch die Anwendung antiseptischer Mittel zu prüfen, welche die Entwickelung solcher Organismen verhindern, ohne die Wirkung chemischer Fermente zu beeinträchtigen. Ein solches Mittel war nach seinen und Zopolski's Versuchen die Carbolsäure, welche schon bei einem Gehalt von 0,5 pCt. Pilz- und Infusorienbildung verhindert, aber erst in der Menge von 2 pCt. die Wirkung von Fermenten aufhebt. Es wurde dem entsprechend verschiedenen Portionen frisch gelassenen Harns Carbolsäure in Mengen von 0,1 pCt, 0,5 pCt.,

---

[1]) Hoppe-Seyler: Ueber Fäulnissprocesse und Desinfection. Medicinisch chemische Untersuchungen. Berlin, 1871, S. 570.



1 pCt. bis 2,5 pCt. zugesetzt, und die Harne bei gewöhnlicher Temperatur dem Einfluss der atmosphärischen Luft ausgesetzt. Es zeigte sich hierbei, dass in Gefässen, welche nur 1 bis 1,5 pCt. Carbolsäure enthielten, jede Entwickelung von Schizomyceten ausblieb, aber gleichwohl die Fäulniss des Harns fast in ungestörter Weise vor sich ging. Hoppe-Seyler schliesst daraus, dass dieser Zersetzungsprocess an das Leben niederer Organismen nicht gebunden ist, und dass überhaupt „die Hydration des Harnstoffs unter Verhältnissen vor sich geht, welche die Betheiligung von Organismen an derselben gänzlich ausschliessen". —

In eclatanter Weise wurde dies Versuchsergebniss weiterhin bestätigt durch Beobachtungen, welche Billroth und der Verfasser am gewöhnlichen Harn gemacht haben.

Billroth [1]) hat zuerst in seinem bekannten Werke mehrfache Beobachtungen mitgetheilt, in welchen frisch gelassener Harn, in reinen Gefässen frei der Luft exponirt, zwar schon vom dritten Tage an reichliche Entwickelung niederster Organismen zeigte, aber erst nach 3 Wochen und später faul wurde.

Er prüfte ferner die Wirkung verschiedener faulender Substanzen auf die Zersetzung des Harnstoffs, indem er dieselben gewöhnlichem frisch gelassenen Harn zusetzte und die Zeit des Eintritts der Zersetzung, sowie der Entwickelung von Bacterien beobachtete. Nach Zusatz von 2—3 Tropfen jauchigen Gelenkeiters von Stücken frischen Muskels, von peritonitischem Exsudat einer Leiche, von saurem zuckerhaltigen Fleischwasser wurden die Harnproben erst nach einem Zeitraum von 32—37 Tagen alkalisch; bei Zusatz mehrerer Tropfen eines faulenden Lungeninfuses, eines 8 Wochen alten faulen Blutserums mit sehr wenigen Bacterien, eines alkalischen Fleischaufgusses dagegen trat die Fäulniss schon nach 3, resp. 5 Tagen auf; endlich nach Zusatz von faulem Urin und einer zersetzten Hydrocelenflüssigkeit trat die Zersetzung schon nach Verlauf von einem Tage ein. Uebrigens zeigte sich bei der Infection frischen Urins mit faulem alkalischen Urin trotz des constanten und reichlichen Gehalts an niedersten Organismen ein sehr wechselndes Verhalten, indem die Harne theils schnell, theils sehr langsam, theils gar nicht faul wurden. „Oefter kam es auch bei

[1]) Billroth: Untersuchungen über Coccobacteria septica u. s. w. Berlin, 1874, S. 114 und 115.



diesen Versuchen vor, dass der Urin schon ganz trübe durch Coccobacteriavegetationen war und doch dabei sehr deutlich sauer reagirte.“

Ich selbst habe in den Jahren 1874—1876 analoge Beobachtungen in grosser Zahl gemacht und theilweise bereits mitgetheilt[1]). Schon bei Gelegenheit einfacher botanischer Studien über die in faulenden Flüssigkeiten auftretenden Organismen war es mir wiederholt aufgefallen, dass gewöhnlicher Harn in vorher nicht gereinigten Gefässen schon nach 20 Stunden lebhafte Bacterienvegetationen bis zur Häutchenbildung zeigte, aber erst nach Ablauf von 3—5 Tagen und einige Male noch später alkalisch wurde, nachdem die Flüssigkeit durch kleinste Organismen ganz trübe geworden war und wolkige Niederschläge derselben gebildet hatte. Also trotz reichlichster Entwickelung von Fäulnissorganismen blieb der Harnstoff doch mehrere Tage hindurch unzersetzt.

Diesen Beobachtungen standen andere gegenüber, in welchen schon innerhalb der ersten 24 Stunden deutlich alkalische Reaction constatirt wurde, obwohl die Bacterienvegetation bis dahin noch relativ spärlich war und erst am folgenden Tage sichtbare Trübungen bedingte. Im Gegensatz zu den üblichen Argumenten für die vitalistische Anschauung musste ich daher den Schluss ziehen, dass der Grad der Bacterienentwickelung der Intensität der Zersetzungen im faulenden Urin keineswegs immer entspricht, vielmehr beide Vorgänge sich in einem nahezu umgekehrten Verhältniss zu einander befinden können, d. h. frühzeitige Vegetation und späte Fäulniss, oder frühzeitige Fäulniss und nachträgliche Vegetation im Harn eintreten könne. —

Diese Beobachtungen wurden der Ausgangspunkt einer Reihe von Versuchen. Zunächst suchte ich den fäulnisserregenden Einfluss der atmosphärischen Luft mit den darin enthaltenen Keimen zu prüfen. Zu diesem Zwecke wurde frisch gelassener Harn in sorgfältig gereinigten Flaschen aufgefangen und, bei Sommertemperatur,

a) ganz offen,
b) verkorkt, theils mit, theils ohne Luft,
c) unter Watteabschluss

aufbewahrt. Es zeigte sich, dass in keiner der offenen und ver-

[1]) A. Hiller: Der Antheil der Bacterien am Fäulnissprocess, insbesondere der Harnfäulniss. — Centralbl. für die medicinischen Wissenschaften, 1877, No. 53 und 54.



korkten Flaschen nach Ablauf von fast 2 Monaten ammoniakalische Zersetzung eingetreten war. Dagegen war merkwürdiger Weise von den nur mit einem Wattepfropf verschlossenen Gefässen etwa die Hälfte nach kürzerer oder längerer Zeit in Fäulniss übergegangen. In diesen letzteren Fällen handelte es sich wahrscheinlich um eine Infection der Harne durch die vorher nicht gereinigte, schon etwas alte Watte; wenigstens ging eine Probe von Harn, welcher drei Wochen hindurch unzersetzt geblieben war, beim Untertauchen eines solchen Wattepfropfes schnell in Fäulniss über.

Besonders beachtenswerth war hierbei das Verhalten der kleinsten Organismen. Regelmässig liess sich in allen Harnen ohne Ausnahme, auch denjenigen, welche dauernd unzersetzt blieben, schon nach wenigen Tagen microscopisch die Entwickelung von Micrococcen und Bacterien nachweisen. Dieselbe erreichte jedoch im unzersetzten Harn nur einen ganz bestimmten Grad, gelangte kaum bis zur sichtbaren Trübung oder Häutchenbildung und erzeugte sehr bald einen feinen pulverigen Absatz, in welchem sich vorzugsweise Gliacoccus und Streptococcus neben zahlreichen Monococcen zeigten. An dieser Grenze erfolgte gewöhnlich dauernder Stillstand der Vegetation, welche letztere erst wieder neu belebt wurde, wenn später Zersetzung eintrat. In solchen Gefässen entwickelten sich aber regelmässig nach 5—8 Tagen an der Oberfläche Schimmelrasen, welche schliesslich den ganzen Harn mit einem dichten Filz überzogen, und nicht selten auch Hefeformen. Nur in den alkalisch zersezten Harnen blieb Hefebildung und Schimmelvegetation in der Regel aus oder trat doch erst sehr spät und immer begränzt auf, während hier Schizomyceten in üppigster Weise sich vermehrten.

Diese Versuchsreihe bestätigt also von Neuem die von Billroth u. A. gemachte Erfahrung, dass Fäulnissorganismen in reichlicher Menge in saurem Urin sich entwickeln können, ohne die alkalische Zersetzung desselben herbeizuführen. —

In einer zweiten Versuchsreihe suchte ich durch Zusatz von Nährsalzen zu frisch gelassenem Harn die Bacterien, wie in Pasteur'scher Lösung, künstlich zu züchten, um so alle Bedingungen zu schaffen, welche der Aeusserung von Lebensfunctionen derselben (Assimilisation, Ernährung, Vermehrung) günstig sind. Wenn, wie Pasteur u. A. annehmen, die Zerlegung des Harnstoffs in CO_2 und H_3N eine Wirkung des Lebensprocesses dieser

Organismen ist, so müsste in diesem Falle ganz unvermeidlich eine solche Zersetzung des Harnstoffs erfolgen.

Diese Erwartung wurde jedoch durch den Versuch nicht bestätigt. Sowohl der Zusatz von phosphorsaurem Natron, für sich allein oder in Verbindung mit kohlensaurem Ammoniak, von weinsaurem Ammoniak und phosphorsaurem Kali, von gewöhnlicher Cohnscher Nährsalzlösung, von mehreren Tropfen einer organismenreichen Züchtungsflüssigkeit, und selbst schon die ammoniakreichen Dünste eines in der Nähe aufgestellten faulen Harns — alle diese Stoffe riefen zwar ausnahmslos im Harn bei Sommertemperatur die lebhafteste Entwickelung von Micrococcen und Bacterien hervor. Dennoch blieben nach 15 Tagen bis zu 5 Wochen die so behandelten Harne sämmtlich frisch und unverändert sauer. In keinem dieser Fälle gelang es mir, durch die üppigste Bacteriencultur, welche in der Mehrzahl der Fälle die volle Höhe der Zucht- und Faulflüssigkeiten erreichte, die Fäulniss des Harns herbeizuführen. —

Diese Erfahrungen hatten, wie ich nicht verschweigen kann, damals auf mich einen so frappirenden und überzeugenden Eindruck gemacht, dass ich an der Richtigkeit der vitalistischen Hypothese vollständig zweifeln zu müssen glaubte und mich daher der Ansicht derer anschloss, welche die Ursache der fauligen Zersetzung überhaupt nur in der Wirkung ungeformter, chemischer Fermente erblickten und die Entwickelung kleinster Organismen als eine nebensächliche, nur durch die Opportunität der Verhältnisse bedingte Erscheinung auffassten (Liebig, Hoppe-Seyler, Billroth u. A.). Spätere Untersuchungen und Erfahrungen haben mich jedoch überzeugt, dass die Wahrheit auch hier aller Wahrscheinlichkeit nach in der Mitte liegt; dass allerdings die vitalistische Theorie in dem ganzen Umfange, welchen man derselben ursprünglich gab, nicht richtig ist, dass jedoch eine active Mitwirkung lebender Organismen an dem fauligen Zersetzungsprocess heute nicht mehr ausgeschlossen werden kann. Unzweifelhaft sind chemische Fermente bei dem Processe der Fäulniss wesentlich betheiligt; aber unzweifelhaft haben auch die in faulenden Flüssigkeiten sich entwickelnden kleinsten Organismen auf die Richtung und den Verlauf der Fäulniss einen bestimmenden Einfluss. —

Die Richtigkeit dieser Voraussetzung wird in vollem Umfange be-

stätigt durch die wichtigen Untersuchungen, welche L. Bucholtz[1]) über die Ernährungsverhältnisse und die Stoffwechselproducte der Bacterien angestellt hat. Bucholtz suchte dem Chemismus der Bacterien und ihrer eventuellen Arbeitsleistung bei der Fäulniss dadurch beizukommen, dass er einestheils diejenigen Stoffe ermittelte, welche zur Ernährung derselben nothwendig oder fähig sind, anderntheils diejenigen Producte bestimmte, welche in möglichst einfach zusammengesetzten Nährflüssigkeiten nach vollendeter Vegetation der Bacterien enstanden waren. — Hinsichtlich des ersten Punktes stimmen seine Ergebnisse mit denen Ferd. Cohn's vollständig überein. Auch er fand, dass die Bacterien sich völlig normal in jeder Flüssigkeit entwickeln, welche den Stickstoff in Form von Ammoniak oder Salpetersäure, den Kohlenstoff und Wasserstoff in Form von Zucker, Weinsäure oder Citronensäure, den Sauerstoff in der umgebenden atmosphärischen Luft und ausserdem die nothwendigen Aschenbestandtheile (phosphorsaure, schwefelsaure Alkalien und Erden) in geringer Menge gelöst enthält. — Von den grünen Pflanzen unterscheiden sie sich dadurch, dass sie nicht im Stande sind, die Kohlensäure zu assimiliren und daraus ihre C-verbindungen aufzubauen. Sie bedürfen ferner zu ihrer Ernährung der Albuminate und anderer Proteinverbindungen nicht; ebenso sind Harnstofflösungen, wie schon Cohn zeigte, und Glycerin kein günstiger Nährboden für Bacterien.

Von besonderem Interesse sind die Veränderungen, welche die einzelnen Nährstoffe unter dem Einfluss der Bacterienvegetation erleiden. Es ergab sich bei den von 9 Tagen bis zu 5 Monaten hindurch fortgesetzten Culturversuchen, dass die den Bacterien in den Lösungen dargebotenen Nährstoffe (namentlich Zucker, Ammoniak, Weinsäure und Phosphorsäure), sämmtlich in hohem Grade von diesen in Anspruch genommen werden. Am stärksten scheint die Weinsäureconsumtion zu sein (nach 14 Tagen 51,4 pCt., nach 5½ Monaten 100 pCt. oder der gesammte Vorrath), demnächst die des Zuckers (bis zu 47,8 pCt. nach 14 Tagen und 93 pCt. nach 5½ Monaten), in dritter Linie die des Ammoniaks (phosphors. Ammoniak nach 9 Tagen 34,1 pCt., weinsaures Ammoniak nach

[1]) L. Bucholtz: Ein Beitrag zur Kenntniss der Ernährungsverhältnisse von Bacterien. Archiv f. experimentelle Pathologie und Pharmakologie, Bd. VII, (Sep.-Abd. 20 Seiten).

14 Tagen 26,6 pCt.); und endlich in 4. Reihe folgte der Verbrauch an Phosphorsäure (nach 9 Tagen 17,7 pCt. und nach $5^1/_2$ Monaten 75,4 pCt.). Die Weinsäure wurde hierbei niemals gleichzeitig mit dem Zucker gereicht, sondern an Stelle des Zuckers als Kohlenstoffquelle benutzt. — Auffallend war, dass der Zucker nur in den ersten Tagen der Züchtung energisch verbraucht wurde, wie schon die lebhafte CO_2-Entwickelung zeigte, später dagegen nur eine langsame Abnahme erfuhr. Phosphorsäure erwies sich auch in diesen Versuchen als ein unentbehrliches Nährungsmittel für Bacterien und wurde relativ ausgiebig verbraucht.

Die Producte, welche aus diesen Stoffen innerhalb des genannten Zeitraums durch den Stoffwechsel der Bacterien gebildet wurden, waren stets Bernsteinsäure, Ameisensäure, Essigsäure, Buttersäure, in geringer Menge auch Glycerin und Kohlensäure. Es sind dies insgesammt Stoffe, welche wir auch als häufige, ja constante Producte der Gärung und Fäulniss kennen. Diese Producte blieben in allen Culturflüssigkeiten nahezu dieselben, gleichviel ob als Kohlenstoffquelle Zucker oder Weinsäure oder Citronensäure benutzt wurde. In ihren Mengenverhältnissen unterschieden sie sich, je nach der Zusammensetzung der Nährflüssigkeit, natürlich in mehr oder weniger erheblichem Masse; doch war qualitativ das Resultat der Züchtung fast unverändert. Es ist damit die Möglichkeit der Entstehung dieser Stoffe in faulenden Flüssigkeiten durch den Stoffwechsel der darin vegetirenden Fäulnissorganismen über allen Zweifel hinaus nachgewiesen. —

In allen Versuchen von längerer Dauer, in welchen zuckerhaltige Flüssigkeiten benutzt wurden, war ferner der Candiszucker invertirt worden in Glycose, wie wir dies früher bei der Alkoholgärung als Wirkung eines von den Hefezellen gebildeten Fermentes (Glycoseferment) kennen gelernt haben. Bucholtz glaubt diese Inversion als eine unmittelbare Fermentwirkung der Bacterien auffassen zu müssen. Dem gegenüber muss jedoch geltend gemacht werden, dass, wie schon Pasteur nachgewiesen hat, die Inversion des Zuckers auch durch gewisse Säuren (namentlich Bernsteinsäure) zu Stande kommt. In der That ist auch in allen Versuchen, in welchen der Zucker invertirt worden war, die gleichzeitige Bildung von Bernsteinsäure durch Bucholtz nachgewiesen worden; und umgekehrt war gerade in denjenigen Culturen, in welchen Bernsteinsäure noch nicht oder nur in Spuren sich fand, auch der

Zucker nicht invertirt worden. Es liegt daher wohl nahe, anzunehmen, dass die von Bucholtz beobachtete Inversion des Rohrzuckers nicht anf einer Fermentwirkung der Bacterien beruht, sondern ein secundärer Vorgang ist, bedingt durch die von den Bacterien gebildeten Säuren, namentlich Bernsteinsäure. —

Diese Untersuchungen sind, wie leicht einzusehen, von ganz besonderem Werth, da sie uns zum ersten Mal in directer Weise Kunde geben von den Stoffen, welche von den Bacterien gebildet und ausgeschieden werden. Wenn wir erst die Bedingungen der Ernährung dieser Wesen und die Producte ihres Stoffwechsels genauer kennen gelernt haben, sind wir auch dem Verständniss ihrer Arbeitsleistung bei der Fäulniss offenbar um ein gut Stück näher gerückt. Man braucht nur diese durch das Experiment gewonnenen Erfahrungen unmittelbar auf die Vorgänge bei der Fäulniss zu übertragen, um eine ganze Reihe von einfachen Umsetzungen als eine directe Lebenswirkung der kleinsten Organismen aufzufassen.

Allein der ursprünglichen Voraussetzung der vitalistischen Theorie entsprechen diese Resultate im Grunde genommen nicht. Nach dieser Theorie sollten Bacterien und verwandte Wesen gerade die Zersetzung der Eiweisskörper, der leimgebenden Substanzen und anderer hoch complicirten organischen Verbindungen des Thier- und Pflanzenkörpers bewirken, während die weitere Spaltung der daraus hervorgehenden Umsetzungsproducte in einfachste anorganische Verbindungen einer mehr untergeordneten Thätigkeit dieser oder anderer Organismen oder auch nur des Luftsauerstoffs zugeschrieben wurde.

Dieser Annahme entgegen finden wir nunmehr, dass Albuminate und andere Proteinverbindungen durchaus kein geeignetes Nährmaterial für die kleinsten Organismen bilden (Ferd. Cohn, Billroth, Hoppe-Seyler, Paschutin, Verfasser, L. Bucholtz), sondern dass es gerade die Zwischenproducte der Fäulniss und einfache organische Verbindungen sind, welche von den Bacterien als Nahrungsstoffe assimilirt und durch den Ernährungsprocess derselben verändert werden. Somit wird also die Thätigkeit der Bacterien bei der Fäulniss wohl füglich nicht in die ersten Stadien und in die Anfänge derselben zu verlegen sein, durch welche die proteinreichen thierischen und pflanzliche Gewebe in lösliche Modificationen übergeführt werden; sondern es erstreckt sich die

Lebensthätigkeit der Bacterien aller Wahrscheinlichkeit nach nur auf die einfacheren Spaltungsprocesse, welche in der Mitte und am Ende der Zersetzung eines Eiweissmoleküls liegen, und überhaupt nur auf diejenigen löslichen oder gelösten Stoffe, welche durch die primären Stadien der Zersetzung erst gebildet werden. —

Man muss jedoch in der Verwerthung dieser neuerdings gewonnenen Resultate vor der Hand, glaube ich, wohl noch etwas vorsichtig sein, da es sich in allen den angeführten Versuchen, wie man nicht vergessen darf, nur um künstliche und relativ einfach zusammengesetzte Nährflüssigkeiten handelt, welche zwar zum Studium der Ernährungsbedingungen der Bacterien und der unter diesen Bedingungen von ihnen ausgeschiedenen Stoffe sehr geeignet sind, aber doch wohl nicht ohne Weiteres mit den sehr complicirt zusammengesetzten Faulstoffen des todten thierischen Körpers verglichen werden können, welche doch das eigentliche und natürliche Lebenselement dieser kleinsten Geschöpfe bilden. Wenn man auch voraussetzen kann, dass da, wo diese natürlichen Ernährungsbedingungen mit jenen künstlich angeordneten übereinstimmen, auch die Ernährungsweise und die Stoffwechselproducte der Bacterien die gleichen sein werden, so bleibt doch immer noch die Frage zu entscheiden, ob nicht im letzteren Falle mit diesen einfachen Lebenserscheinungen noch andere, vielleicht secundäre Fermentwirkungen auf gewisse, in der Faulflüssigkeit enthaltene Substanzen combinirt sein können.

Für die Bierhefe hatten wir ja gleichfalls gefunden, dass ihre gärungserregende Wirkung mit ihrer Ernährung keineswegs identisch ist, d. h. dass der Zucker bei der geistigen Gärung nicht als Nährstoff und der Alkohol und die Kohlensäure nicht als Stoffwechselproducte der Hefezellen zu betrachten sind, sondern dass die Fermentwirkung bis zu einem gewissen Grade sogar unabhängig von der Ernährung bestehen kann (Pasteur). Ein ganz analoges Verhalten ist nun auch für die Fäulnissorganismen denkbar, — nämlich dass sie reichlich in einer Nährflüssigkeit sich vermehren können, ohne Fermentwirkungen zu äussern (wie z. B. im Harn), und umgekehrt, dass ihre spärliche (pénible) Vegetation reichliche Spaltwirkungen zur Folge hat. Wir werden in der That später Beobachtungen kennen lernen, welche diese Annahme stützen.

Für die negativen Beobachtungen (im Harn) ist ausserdem noch in Betracht zu ziehen, dass hier auf die Form der dabei

auftretenden Organismen meist gar keine Rücksicht genommen ist. Gleichwohl haben die Hauptvertreter der vitalistischen Theorie (Pasteur, Ferd. Cohn) immer hervorgehoben, dass in der Form der Schizomyceten bezüglich der Lebenswirkung derselben ein wesentlicher Unterschied bestehe.

Pasteur unterscheidet die rundlichen Formen (Micrococcen, Monaden) sehr scharf von den stäbchenförmigen (Bacterien, Vibrionen); er betrachtet erstere als Oxydationsfermente (Aërobies), letztere als Reductionsfermente (Anaërobies) und schreibt ihnen sogar einen gewissen Antagonismus bei der Fäulniss zu.

Auch Cohn giebt ausdrücklich an, dass nur die Stäbchenform der Schizomyceten (Bacterium termo) als Erreger der Fäulniss betrachtet werden könne, während die Kugelform (Monas crepusculum, Kugelbacterien, Micrococcus) eine unwesentliche oder mehr untergeordnete und wahrscheinlich nur pathogene (krankmachende) Bedeutung in faulenden Stoffen besitze.

Es wäre also denkbar, dass in den Fällen, in welchen Schizomyceten im Harn vegetiren, ohne den Harnstoff zu zersetzen, nur kugelförmige und nicht saprogene Organismen zur Entwickelung kamen, die stäbchenförmigen Bacterien dagegen ausblieben. Soweit meine eigenen Beobachtungen mir über diese Fragen ein Urtheil gestatten, hat diese Annahme in der That eine gewisse Wahrscheinlichkeit. Bei genauerer Durchsicht meiner sehr zahlreichen Versuchsprotocolle aus den Jahren 1874—1877 finde ich in der That in allen Versuchen, in welchen kleinste Organismen in saurem Harn zur Entwickelung kamen, fast nur Micrococcen verzeichnet, theils als Monococcus, ruhend oder schwärmend, theils als Diplo- und Streptococcus, und vor allem massenhaft diffusen Gliacoccus, sehr selten auch stabförmige Bacterien. Auf der andern Seite kann ich die Angaben F. Cohn's bestätigen, dass bei gewöhnlicher alkalischer Zersetzung des Harns stäbchenförmige Bacterien fast niemals vermisst werden.

Man wird also in Zukunft genauer untersuchen müssen, ob nicht gerade dieser besonderen Form von Microorganismen eine specifisch fäulnisserregende und fermentative Rolle zukommt. Vor der Hand scheint mir das vorliegende Beobachtungsmaterial zur Entscheidung dieser Frage noch nicht ausreichend zu sein. —

Dass in der That durch secundäre Vorgänge bei der Bacterien-

vegetation fermentartige Wirkungen derselben zu Stande kommen können, dafür spricht die bereits oben mitgetheilte Beobachtung von Bucholtz.

Es war in einigen zuckerhaltigen Culturflüssigkeiten der Rohrzucker langsam in Glycose invertirt worden, wie bei der Alkoholgärung. Während für diese letztere die Gegenwart eines besonderen Ferments (Glycoseferments) nachgewiesen ist, beruht die Wirkung bei der Bacterienentwickelung, wie wir sahen, wahrscheinlich auf gewissen von den Bacterien gebildeten Säuren (Bernsteinsäure). Es spricht für diese Erklärung sowohl der Nachweis der Bernsteinsäure, als auch das späte Eintreten der Inversion. Aehnliche fermentative und gewissermassen secundäre Wirkungen der Bacterien sind nun auch für andere Stoffe denkbar.

Für diese Annahme haben insbesondere die Untersuchungen von Lex „über die Fermentwirkungen der Bacterien“ sehr bemerkenswerthe Belege beigebracht. Seine Untersuchungen sind auch für die Kenntniss der Stoffwechselerscheinungen der Bacterien von so hervorragendem Werth, so dass es zweckmässig erscheint, dieselben hier ausführlicher mitzutheilen.

Lex[1]) züchtete Schizomyceten in einer schwachen Lösung von reinem Harnstoff, welche ausserdem noch phosphorsaures Natron und Zucker oder Glycerin, oder irgend einen anderen kohlenstoffhaltigen Körper (pflanzensaure Alkalien) enthielt. Es erfolgte alsbald darin Entwickelung von Bacterien, alkalische Reaction und Auftreten von Ammoniak, nachweisbar durch die Reaction mit Nessler'schem Reagens oder durch Verflüchtigung mittelst Kalkmilch. Bei Gegenwart von Zucker oder Glycerin bildete sich zunächst eine freie Säure, die später neutralisirt wurde. War statt dessen weinsaures Natron angewendet, so wurde die Mischung bald alkalisch und liess beim Erwärmen kohlensaures Ammoniak entweichen. Wenn gleichzeitig ein Magnesiumsalz eingeführt und dessen Fällung durch das Phosphat durch Zusatz einer organischen Säure verhindert worden war, so trat später ein Sediment charakteristischer Krystalle von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia auf, wie bei der Harnfäulniss.

Bemerkenswerth jedoch und zugleich im Einklange mit den

---

[1]) Lex: Ueber die Fermentwirkungen der Bacterien. Centralbl. für die medicinischen Wissenschaften, 1872, S. 291 und S. 305.



oben mitgetheilten Erfahrungen an gewöhnlichem Harn ist die weitere Angabe von Lex, dass „das erste Auftreten des Ammoniaks stets erst mehrere Tage nach der Entwickelung der Vegetation nachweisbar war". Es liegt hier die Vermuthung nahe, dass diese späte Zerlegung des Harnstoffs entweder auf der Bildung eines chemischen Ferments durch die Organismen beruhe oder die Folge chemischer Veränderungen des eiweissartigen Bacterienkörpers sei. Lex selbst erklärt dies dadurch, dass das Ammoniak in der ersten Zeit sogleich nach seiner Entstehung von der jungen Vegetation in Beschlag genommen wird, später aber im Ueberschuss auftritt oder in seiner Consumtion durch andere Nährstoffe ersetzt wird. Die Richtigkeit dieser oder jener Erklärung steht bis jetzt noch an.

Sehr beachtenswerthe Versuche stellte er[1]) ferner über die Schicksale der Harnsäure bei der Harnfäulniss an. In einer sauren Lösung von Harnsäure und phosphorsaurem Natron entwickelten sich bei einer Temperatur von 30—40° C. innerhalb einiger Tage Bacterien bis zur Trübung und Flockenbildnng. Gleichzeitig nahm die saure Reaction ab und ging durch die neutrale in die alkalische über; der Harnsäuregehalt verminderte sich und war nach 8—14 Tagen vollständig verschwunden. Dagegen trat in der Flüssigkeit Harnstoff auf und daneben kohlensaures Ammoniak, welche beide chemisch exact nachgewiesen wurden. Diese merkwürdige Zersetzung der Harnsäure erklärt Lex — wie die Umsetzung der Harnsäure im höheren Thierkörper — durch Sauerstoff- und Wasseraufnahme unter gleichzeitiger Abspaltung von Kohlensäure, beides als eine Stoffwechselleistung der sich vermehrenden Bacterien. „Absorbtion von Sauerstoff findet dabei, wie in allen Bacterienculturen, nachweisbar statt". Uebrigens wurde der neugebildete Harnstoff weiterhin nicht, oder doch nur zum Theil wieder zersetzt.

Ganz ähnlich, wie Harnstofflösungen, verhielten sich auch Lösungen von Leucin in Wasser, welchen etwas phosphorsaures Natron zugesetzt war. Bacterienentwickelung und Zersetzung erfolgte hier sehr rasch; in der Flüssigkeit trat ein flüchtiger Körper von fauligem Geruch und später auch Ammoniak auf. Baldriansäure dagegen war hier nicht nachweisbar.

---

[1]) Neuer Beitrag zu den Fermentwirkungen der Bacterien, a. a. O. S. 513.



Umsetzungen ähnlicher Art endlich bewirkte Lex durch Bacteriencultur in Lösungen von Stärke, von Hippursäure und von Nitraten. Stärkekleister mit einer Lösung von phosphorsaurem Natron und einer entsprechenden Stickstoffverbindung versetzt, ergab binnen einigen Tagen unter Vermehrung von Bacterien Traubenzucker, weiterhin an Stelle desselben eine Säure, wahrscheinlich Milchsäure. Eine schwache Lösung von hippursaurem Natron mit etwas phosphorsaurem Natron versetzt, ging unter Bacterienentwickelung vollständig in Benzoësäure über, welche durch ihre Löslichkeit in Aether, ihre Sublimirbarkeit, ihre Krystallform und durch den Mangel an Stickstoff erkannt wurde. Wenn endlich der zur Ernährung der Bacterien nothwendige Stickstoff in der Culturflüssigkeit in Form eines Nitrats (salpetersaures Natron) eingeführt wurde, so erfolgte alsbald eine Reduction des Nitrats zu Nitrit; später ist auch die salpetrige Säure nicht mehr nachzuweisen und der Stickstoff wahrscheinlich in organische Substanz umgewandelt. Ammoniak konnte in solchen Culturen auch nach Monaten nicht constatirt werden.

Diese Versuche sind für die Kenntniss der Stoffwechselverhältnisse der Bacterien und ihres Arbeitsantheils an der Fäulniss ohne Zweifel sehr werthvoll. Sie weisen zum ersten Mal positiv nach, dass diese Organismen im Stande sind, Stoffe zu zerlegen oder umzuwandeln, welche auch bei der Fäulniss einer Umsetzung unterliegen, und daraus Producte zu bilden, welche wir als regelmässige Producte der Fäulniss kennen. Es ist damit thatsächlich erwiesen, dass zum Mindesten eine Reihe von Zersetzungsprocessen, welche bei der Fäulniss auftreten, auf der Ernährung und Vermehrung dieser Fäulnissorganismen beruht.

Lex selbst fasst seine Ergebnisse folgendermassen zusammen: „Die oben beschriebenen Versuche zeigen, dass man bestimmte organische Verbindungen dadurch spalten oder zersetzen kann, dass man sie in den Kreis der stofflichen Bedingungen für die Entwickelung von Bacterien einschaltet. Es ergiebt sich ferner, dass die stattfindenden Zersetzungen in einer mehr oder weniger deutlichen Beziehung zu den nutritiven Interessen stehen. Dies ist vor Allem bei der Reduction der Nitrate evident. Aber auch bei der Spaltung der Hippursäure wird mindestens ein Theil des Glycerins assimilirt und zersetzt, während der Paarling als unbrauchbar in unverändertem Zustande ausgeschieden wird. Andere Umsetzungen, wie die des Harnstoffs, scheinen mehr dynamisch ausgebeutet zu

sein..... Man wird aus den Versuchen schliessen dürfen, dass Bacterien, welche das constanteste morphologische Phänomen der Fäulniss sind, mindestens für einen Theil der einzelnen chemischen Vorgänge auch das wirksame Ferment darstellen." —

Vor Allem wichtig scheint mir der gelieferte Nachweis zu sein, dass Bacterien im Stande sind, Reductionsprocesse an festen chemischen Verbindungen auszuführen. Ob diese Reduction der Nitrate in die O-ärmeren Nitrite darauf beruht, dass die Bacterien, wie Pasteur annimmt, den Sauerstoff diesen Verbindungen direct entziehen, oder ob sie vielleicht ein secundärer Process ist, hervorgerufen durch entwickelten Wasserstoff in statu nascenti, erscheint vor der Hand noch zweifelhaft. Gegen die erstere Annahme spricht der Umstand, dass in allen obigen Versuchen atmosphärischer Sauerstoff vorhanden war und, wie mehrfach nachgewiesen, auch reichlich verbraucht wurde. Für die letztere Ansicht dagegen lässt sich anführen, dass die genannten Reductionserscheinungen auch durch nascirenden Wasserstoff allein zu Stande kommen, und eine H-Entwickelung sowohl für eine Reihe fermentativer Processe, als auch für die Vegetation gewisser Schizomyceten thatsächlich nachgewiesen ist.

Schon M. Traube führte in seiner bekannten „Theorie der Fermentwirkungen" die Wirkung einer Kategorie von Fäulnissfermenten darauf zurück, dass sie das Wasser zerlegen unter Entwickelung von Wasserstoff. Eine solche H-Entwickelung kommt in der That regelmässig bei gewissen fauligen Processen zu Stande. Wir hatten schon früher bei der Fäulniss des Leucins kennen gelernt, dass neben Baldriansäure, CO_2 und H_3N sich reichlich Wasserstoffgas entwickelt und zwar je 4 Mol. H auf 1 Mol. Leucin. Dasselbe findet statt bei der fermentativen Umwandlung des Milchzuckers oder der Milchsäure in Buttersäure; bei dieser „Buttersäuregärung" werden neben Kohlensäure gleichfalls 4 Mol. H. auf 1 Mol. Milchzucker gebildet. Auch der ameisensaure Kalk zerfällt durch Fäulniss vollständig in Kohlensäure (gebunden an Kalk) und Wasserstoffgas. Wenn man ferner Apfelsäure oder fumarsaure, aconitsaure und asparaginsaure Alkalien bei Gegenwart von Käse, Kreide und Wasser die „Bernsteinsäuregärung" eingehen lässt, so treten gleichfalls als Nebenproducte Kohlensäure und reines Wasserstoffgas auf. Auch in den Fäulnissversuchen von Hoppe-Seyler

wurden bei der Analyse einer eingeschmolzenen und gefaulten Hydroceleflüssigkeit in den entweichenden Gasen, neben CO_2 und H_2S, Spuren von H gefunden. Bei der Vermoderung der Pflanzenfaser endlich ist die reichliche Entwickelung von Wasserstoffgas gleichfalls den Chemikern schon lange bekannt. Ebenso bildet Wasserstoffgas, wie Planer[1]), Regnault und Reiset[2]) fanden, einen regelmässigen Bestandtheil der (brennbaren) Gase, welche bei der Zersetzung des Darminhalts, namentlich der Pflanzenfresser, und bei gewissen krankhaften Processen der Magen- und Darmschleimhaut, möglicherweise auch bei normaler Verdauung, oft in reichlicher Menge sich bilden. Namentlich enthalten die bei der Magenectasie (Magenerweiterung) des Menschen oft massenhaft entweichenden Gase nach der Analyse von Carius[3]), Popoff[4]), Schultze[5]) und Ewald[6]) reichlich Wasserstoffgas, welchem dieselben grösstentheils ihre bekannte Brennbarkeit verdanken. In dem von A. Ewald beobachteten Falle z. B. betrug die H-Menge im ausgepumpten Gase sogar 20,57 bis 21,52 Procent (!).

Kurzum, wir kennen eine ganze Reihe von Zersetzungsprocessen, bei welchen der Wasserstoff als constantes Product der Zersetzung auftritt. Es frägt sich nun, ob dieser Wasserstoff hier nur ein secundäres, unwesentliches Nebenproduct der Zersetzung bildet, oder ob er auf eine primäre Einwirkung der sich entwickelnden Organismen, z. B. auf Wasserzersetzung, zurückzuführen ist und als solcher in statu nascenti die Reductionen bewirkt. Diese letztere Ansicht ist nun durch eine grosse Zahl von Beobachtungen in der That zu einem hohen Grade von Wahrscheinlichkeit, ja Gewissheit erhoben worden.

Alle die oben genannten Processe sind, wie die microscopische Beobachtung lehrt, insgesammt von der Entwickelung jener kleinsten

---

[1]) Planer: Die Gase des Verdauungsschlauches und ihre Beziehung zum Blute. Sitzungsber. der Wiener Akad. d. Wissensch., 1860, Bd. 42.

[2]) Récherches chimiques de la réspiration etc. Annal. de chim. et phys. III sér., 1849, Bd. XXVII.

[3]) Carius: Ueber Buttersäuregärung im Magen eines Kranken. Verhandlungen des naturh. Vereins zu Heidelberg, IV. S. 6.

[4]) Berliner klinische Wochenschrift, 1870, No. 38—40.

[5]) Berliner klinische Wochenschrift, 1874, No. 27.

[6]) A. Ewald: Ueber Magengärung und Bildung von Magengasen mit gelb brennender Flamme. Archiv für Anatomie, Physiol. und wissensch. Medicin von Reichert und du Bois-Reymond, 1874, S. 217—233. Ebenda auch die einschlägige Literatur.

Organismen begleitet und zwar fast ausschliesslich von der als Vibrionen oder Bacterien im engeren Sinne bezeichneten Stäbchenform der Schizomyceten. Bei der Fäulniss des Leucins und des ameisensauren Kalks, bei der Milchsäure-, Buttersäure- und Bernsteinsäuregärung treten „Bacterien" in reichlichster Menge auf; auch in den von Ewald untersuchten Fällen von Magengärung mit Wasserstoffentwickelung wurden „zahllose bacterienartige Elemente (der Pilz der Milchsäuregärung Pasteur's)" im zersetzten Mageninhalt gefunden. Wenn diese Beobachtungen über die ursächliche Bedeutung dieser Organismen für die H-Entwickelung vor der Hand noch Zweifel lassen, so geht der innige Zusammenhang zwischen beiden Erscheinungen noch deutlicher hervor aus gewissen Versuchen.

Schon Pasteur[1]) hatte in seinen Versuchen über die Milchsäuregärung 1860 mehrere Gasanalysen ausgeführt, welche diesen Zusammenhang ausser Zweifel setzen. In der Zeit vom 10. bis 17. April war unter mässiger Entwickelung von Vibrionen und Bacterien die in einem Glasballon eingeschlossene Milch durch den Eintritt von Milchsäuregärung zum Gerinnen gebracht; die alsdann analysirte Luft zeigte, bei fast völligem Verbrauch des Sauerstoffs und entsprechender Bildung von Kohlensäure, einen Gehalt von 0,2 Procent Wasserstoffgas. Eine im Vergleich hiermit bis auf 110° erhitzte und von Organismen gänzlich freie Milch zeigte nach 40 Tagen, bei ganz geringem Verbrauch von O und Bildung von CO^2, keine Spur von H. Eine dritte, mit Staub versetzte Milchprobe, in welcher sich sehr reichlich Vibrionen entwickelt hatten, zeigte nach 8 Tagen neben reichlichem Sauerstoffverbrauch nicht weniger als 11,0 pCt. Wasserstoffgas.

Eine ganz ähnliche Uebereinstimmung zeigen die Versuche von Ewald[2]). Es wurden verschiedene, mit erbrochenem Mageninhalt vermengte Nahrungsgemische und auch reiner oder filtrirter Mageninhalt im Brütofen bei einer Tempetatur von 37—40° C. zur Gärung angesetzt, das hierbei entwickelte Gas sorgfältig aufgesammelt und nach Verlauf von 8—10 Tagen untersucht. Es fand sich neben CO_2 und N (und in einem Falle auch geringen Mengen O), in allen 4 Versuchen Wasserstoffgas in wechselndem Verhältniss. Im reinen oder filtrirten erbrochenen Mageninhalt

[1]) Pasteur: Comptes rendus, 1860 und 1861.

[2]) a. a. O., S. 230—232.



fand sich 2,10 pCt. H, in der 3. Probe sogar 24,04 pCt. H und in der 4. Probe 3,437 pCt. H. Microscopisch waren in den Gemischen Hefezellen nicht nachweisbar; dagegen fanden sich regelmässig in grösserer oder geringerer Anzahl stäbchenförmige Bacterien (Pasteur's Milch- und Buttersäureferment). Sehr auffallend unterschied sich ihre Menge jedoch in den einzelnen Proben dadurch, dass in der 3. Probe (24,04 pCt. H) „unmittelbar nach dem Oeffnen der Glocke zahllose Mengen lebhaft sich bewegender Bacterien, kleinere und grössere Stäbchen, sich befanden, welche in der 1. und 4. Probe nur in ganz vereinzelten Exemplaren sichtbar waren. Dies fällt überraschend mit den niedrigen Wasserstoffwerthen dieser Portionen zusammen".

Nicht minder beweisend für die H-Entwickelung durch Bacterien ist der schon früher erwähnte Versuch von G. Hüfner, in welchem er die Pasteur'sche Angabe, dass Bacterien bei Ausschluss von freiem Sauerstoff sich zu entwickeln vermögen, bestätigte.

In dem als Culturflüssigkeit im Kolben luftdicht abgeschlossenen Fibrinaufguss hatten sich nach 2 Wochen bei 30° C. zahlreiche Bacterien entwickelt; das aus der Flüssigkeit ausgepumpte Gas bestand im I. Versuch:

aus CO_2 = 57,34 pCt.
H = 42,66 pCt. (!);

im II. Versuch:

aus CO_2 = 77,72 pCt.
H = 22,28 pCt.

In beiden Fällen also eine sehr beträchtliche, fast $^1/_4$—$^1/_2$ des gesammten Gasvolumens ausmachende Wasserstoffentwickelung. —

Ich halte die angeführten Beobachtungen und Versuche für vollkommen ausreichend, um zu zeigen, dass die bei mannigfachen Zersetzungsprocessen auftretende H-Entwickelung in einer innigen und ursächlichen Beziehung zur Lebensthätigkeit gewisser kleinster Organismen, insbesondere der stäbchenförmigen Bacterien (Vibrionen), steht. Wenn also nascirender Wasserstoff, wie thatsächlich nachgewiesen, im Stande ist, fast alle diejenigen Reductionserscheinungen hervorzurufen, welche die Fäulniss charakterisiren, so darf man auch mit einer an Gewissheit grenzenden Wahrscheinlichkeit annehmen, dass eben

die in faulen Stoffen vegetirenden Bacterien (Vibrionen) — welche, wie Lex sehr richtig sagt, das constanteste morphologische Phänomen bei der Fäulniss bilden — die Ursache dieser Reductionen sind und somit in der That das eigentlich wirksame Ferment derselben darstellen. —

Mit dieser Erklärung findet die vitalistische Theorie der Fäulnissfermente ihre thatsächliche Begründung. Wie für die Alkoholgärung die Gegenwart der Hefezellen, so ist für einen Theil der die Fäulniss charakterisirenden Processe die Gegenwart von Schizomyceten nothwendig. Zweifelhaft freilich bleibt es, ob die dargethane H-Entwickelung als eine unmittelbare Arbeitsleistung der Bacterien und der Wasserstoff gewissermassen als ein Stoffwechselproduct derselben aufzufassen ist, oder ob derselbe ein secundäres Product ihrer Vegetation ist, erzeugt durchdie Wirkung hierbei gebildeter Fermente. Ich halte diese Frage vor der Hand auch für gar nicht so wichtig. Es genügt für das Verständniss der Fäulnissprocesse vollständig, zu wissen, dass niederste Organismen (Bacterien) Erzeuger von Wasserstoff und als solche die Erreger der wichtigsten Reductionen sind, welche bei der Fäulniss vorkommen.

Möglich ist, dass diese H-Entwickelung darauf beruht, dass die in der Flüssigkeit sich vermehrenden Bacterien, wie Pasteur behauptet, den zu ihrer Ernährung nöthigen Sauerstoff aus chemischen Verbindungen, z. B. dem Wasser, ziehen und dadurch Wasserstoffgas frei machen. In der That kommen ja auch, wie wir bereits früher auseinandergesetzt haben, Reductionsprocesse bei der Fäulniss weit leichter und ausgiebiger zu Stande gerade bei beschränktem Luftzutritt, als bei Gegenwart von Sauerstoff. Erwiesen ist jedoch diese Hypothese bis jetzt noch nicht. Ebenso wenig erwiesen, wenn auch in gewissem Grade wahrscheinlich ist die andere Hypothese Pasteur's, nach welcher die bei freiem Luftzutritt reichlich an der Oberfläche vegetirenden Micrococcen (Monaden, Aërobies) hauptsächlich als Oxydationsfermente eine Rolle spielen und somit die eigentlichen Träger der bei der Fäulniss auftretenden Oxydationen sind. —

Die Fähigkeit der H-Entwickelung aus festen chemischen Verbindungen durch lebende Organismen kommt übrigens nicht allein den Bacterien zu, sondern ist in neuerer Zeit auch noch für andere Geschöpfe des niedersten Pflanzenreichs nachgewiesen worden, näm-

lich für die Schimmelpilze und für die Champignons (Agaricus campestris).

Selmi[1] in Bologna hat in zahlreichen Versuchen die Frage zu entscheiden gesucht, ob die Schimmelpilze den Stickstoff ihres Protoplasmas aus der atmosphärischen Luft direct entnehmen, wie Boussingault behauptet hatte, oder aus N-haltigen Verbindungen ihres Ernährungsmaterials beziehen. Er fand bei Culturen in Milchserum, dass die Schimmelpilze, wie alle übrigen Pflanzen ihre Proteinverbindungen nur aus Ammoniak und Ammoniaksalzen oder aus Nitraten des ernährenden Mediums zu bilden im Stande sind. Gleichzeitig beobachtete er in den Schimmelpilzen eine Entwickelung von Wasserstoffgas und zeigte weiterhin durch Versuche, dass dieser Wasserstoff eine Reihe von Reductionen auszuführen im Stande ist. Wurden Schimmelculturen auf saurem Milchserum, Mehlbrei, Kleister, Käse, Citronen u. s. w. mit Schwefelpulver bestreut, so entwickelte sich unter der Glasglocke Schwefelwasserstoffgas, nachweisbar durch Geruch und Reactionen; mit Arsenik und arsensauren Salzen bildeten die Pilze Arsenwasserstoff resp. arsenige Säure[2]).

Auf eine ähnliche reducirende Wirkung ist auch die von Selmi nachgewiesene Ammoniakentwickelung durch Schimmelpilze zurückzuführen. Sulphate der Erden wurden durch sie in schwefligsaure Salze der Erden umgewandelt; die Nitrate ergeben Nitrite und, wie Selmi angiebt, weiterhin sogar H_3N. Das Hydrat des Eisens ferner verwandelt sich in kohlensaures Eisenoxydul, und endlich die Humussäuren werden durch die Schimmelpilze ebenfalls desoxydirt, gehen jedoch bei Berührung mit der Luft sehr schnell wieder neue Oxydationen ein.

Hiernach würden also Schimmelpilze ebenfalls unter Umständen im Stande sein, in organischen Substanzen Fäulnisserscheinungen hervorzurufen. Diese Voraussetzung scheint sich in der That zu bestätigen. Bekanntlich findet man sehr häufig in

---

[1]) Francesco Selmi: Observations sur le développement d'hydrogène naissant au sein des moisissures. Annales de la Société médico-chirurgicale de Liége, 1875. — Arch. médic. belges, 1875, Heft 5, p. 371.

[2]) Diese Beobachtung ist, wie Selmi selbst hervorhebt, hygienisch sehr wichtig, da sie uns die Möglichkeit zeigt, dass giftige Arsenverbindungen, welche nicht selten in den grünen Farben der Tapeten vorkommen, (Scheelsches Grün und Schweinfurter Grün) durch Schimmelvegetationen in feuchten Wohnungen Krankheiten der Bewohner hervorrufen können.



Hühnereiern, in welchen Schimmelpilze, die durch die Poren der Kalkschale nach innen durchgebrochen sind, zwischen den Eihäuten sich ausbreiten und zu dichtem Rasen anwachsen, dass der Eiinhalt gleichzeitig übelen Geruch, Verfärbung und andere Zeichen fauliger, manchmal auch saurer Zersetzung zeigt, ohne dass Schizomyceten im Dotter nachweisbar sind [1]).

Eine ganz ähnliche Beobachtung machte Müntz [2]) an den Champignons (Agaricus campestris). Er fand, dass diese Pilze in einem O-haltigen Luftstrom nur CO_2 ausscheiden, in einem Strom von reinem Stickstoff dagegen neben Kohlensäure auch Wasserstoff bilden. Er wies weiter nach, dass die Quelle dieses Wasserstoffs nicht Wasser, sondern der in den Pilzen enthaltene Mannit ist, welcher, wie Berthelot gezeigt hat, durch Gärung in CO_2, H und Alkohol zerfallen kann. Es gelang ihm, auch die Alkoholbildung im Agaricus camp. nachzuweisen; ebenso zeigte er, dass bei Pilzen, welche kein Mannit enthalten, auch keine H-Entwicklung stattfindet. In der Erklärung dieser eigenthümlichen Erscheinung schliesst sich Müntz vollkommen der Ansicht von Pasteur an, nach welcher alle niederen Pilze bei Ausschluss von O verschiedene Zuckerarten in Alkohol und CO_2 zerlegen können, wie dies ja auch für Penicillium und Mucor mucedo bereits nachgewiesen ist. —

Als das wichtigste Ergebniss aller dieser Stoffwechseluntersuchungen erscheint der Nachweis, dass die chemischen Fäulnissvorgänge, mögen dieselben nun in Oxydations-, Reductions- oder in Hydratationsprocessen bestehen, keineswegs einfach identisch sind mit den Lebenserscheinungen niederer Fäulnissorganismen. Es können sowohl Organismen in üppigster Weise in organischen Flüssigkeiten vegetiren ohne Fäulniss zu erregen, als auch unzweifelhafte faulige Umsetzungen zu Stande kommen ohne die Entwickelung niederster Organismen. Es sind ferner diejenigen Fäulnisserscheinungen, welche bis jetzt wohl am sichersten auf die Lebensthätigkeit von Schizomyceten zurückgeführt werden können, die Reductionen, höchst wahrscheinlich ebenfalls keine unmittelbaren Stoffwechselleistungen derselben, sondern, wie schon Hoppe-Seyler ausgesprochen hat,

---

[1]) Mosler: Mykologische Beobachtungen am Hühnerei. Virch. Arch., 1861, Bd. 29, S. 510.

[2]) Müntz: Recherches sur les fonctions des champignons. Comptes rend. LXXX p. 178—181. (Centralbl. f. d. med. Wiss. 1875, S. 765).

„secundäre Processe, hervorgerufen durch den Wasserstoff im Entstehungszustande". —

Soweit bis jetzt unsere Kenntniss über die fäulnisserregenden Kräfte und die Art ihrer Wirkung.

Giebt es hier auch noch viele unerledigte Fragen und unaufgeklärte dunkele Punkte, so können wir doch wenigstens das Eine heute als feststehend betrachten, dass es sich bei den Fermenten der Fäulniss nicht um einen einzelnen fermentirenden Stoff handelt, ähnlich der Hefe oder anderen Gärungserregern, sondern dass es mehrere und sehr verschiedenartige Fermente giebt, welche an dem complicirten Chemismus der Fäulniss Antheil nehmen. Nur durch eine Mehrheit von zersetzungserregenden Kräften können die mannigfachen und verschiedenartigen Processe, welche bei der Fäulniss thierischer Gewebe neben einander und nach einander verlaufen, hinreichend erklärt werden.

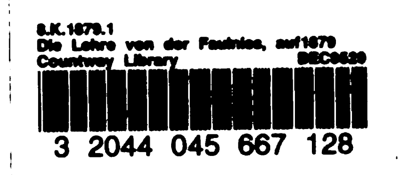
Diese Fermente sind ferner nicht ausschliesslich vitaler oder ausschliesslich chemischer Natur, wie die Anhänger dieser oder jener Theorie bisher vielfach meinten, sondern es sind sowohl chemische Fermente, als auch lebende Organismen (Bacterien) als Ursache der Zersetzungen thatsächlich nachgewiesen.

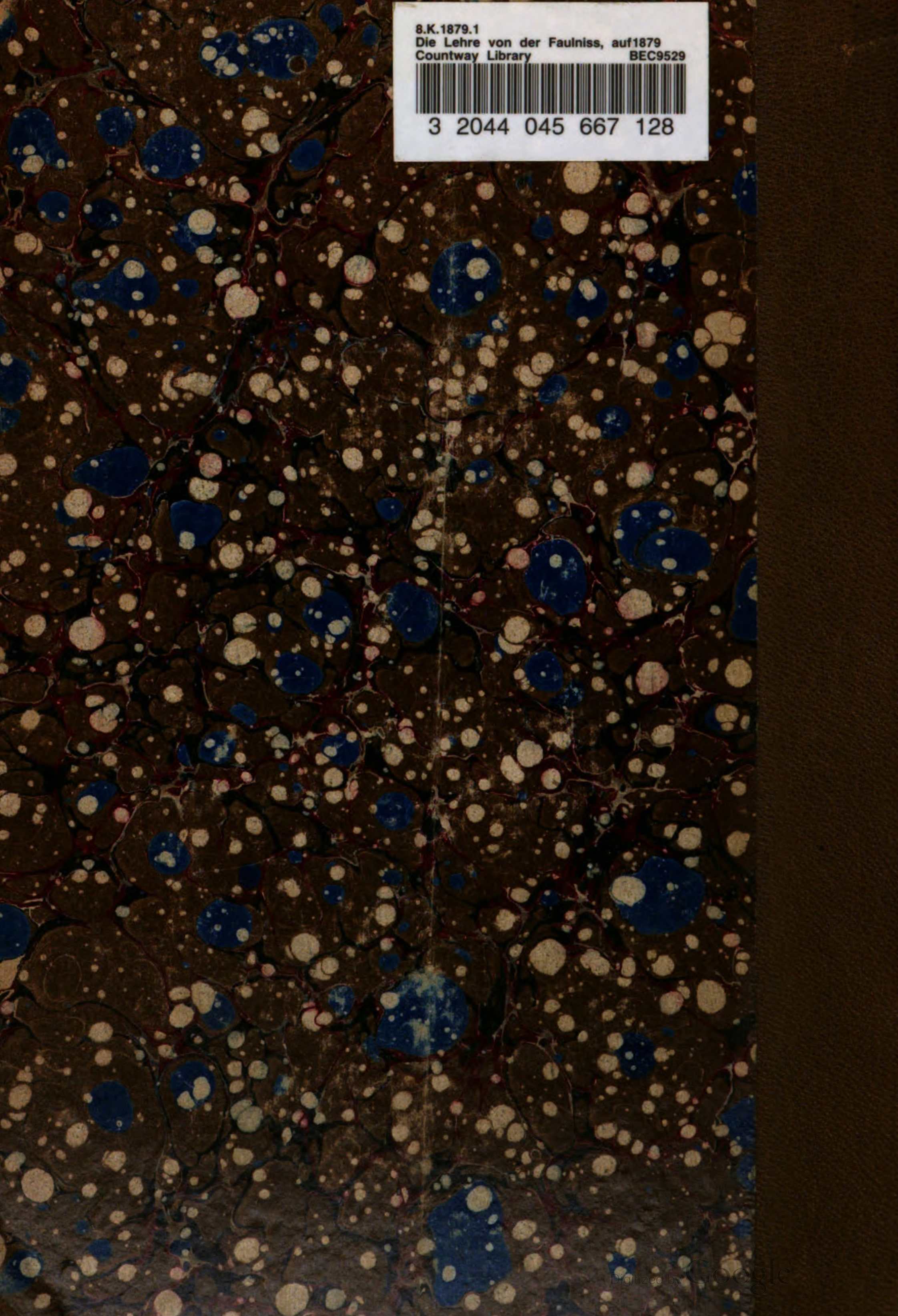
Die Betheiligung derselben an dem Fäulnissprocess scheint sich, nach den vorliegenden Erfahrungen, so zu ordnen, dass die chemischen, zum Theil bereits in den Geweben enthaltenen und möglicherweise auch von lebenden Geweben gebildeten, Fermente vorzugsweise die primäre Umwandlung der Eiweisskörper und gewebsbildenden Substanzen und die Ueberführung derselben in einfachere, lösliche Modificationen bewirken, während den Bacterien die weitere Zersetzung der von jenen gebildeten Producte, der löslichen Globuline und Peptone, der stickstoffhaltigen Basen und Säuren, insbesondere die mit der Bildung H-reicher, zum Theil stinkender Endproducte (CH_4, H_2S, H_3N) verbundenen Reductionen in faulenden Stoffen zufallen. Es können, wie die früher mitgetheilten Beobachtungen lehren, gewisse einfache, meist nicht riechende Zersetzungen organischer Stoffe zu Stande kommen ohne die Gegenwart von Bacterien; aber es wird stinkende Fäulniss nach übereinstimmenden Erfahrungen niemals ohne die Betheiligung niederster Organismen wahrgenommen.

Die durch die Bacterienvegetation hervorgerufenen Zersetzungen sind ferner nicht einfach identisch mit dem Ernährungsprocess dieser Organismen (Vitalismus im engern Sinne). Nur einige wenige Fäulnisspropucte können bis jetzt als unmittelbare Stoffwechselproducte der Bacterien bezeichnet werden (CO_2, Ameisensäure, Essigsäure, Buttersäure, Bernsteinsäure — Bucholtz); die Mehrzahl der anderen Producte dagegen, namentlich die stinkenden Stoffe der Fäulniss sind secundäre Producte, hervorgerufen durch den Wasserstoff in statu nascenti. Die durch Bacterien bewirkten Reductionen (Lex u. A.) scheinen so zu Stande zu kommen, dass die Organismen das Wasser zerlegen unter Entbindung von H und O (M. Traube), wobei der nascirende Wasserstoff kräftig reducirend und der nascirende Sauerstoff kräftig oxydirend auftritt (Hoppe-Seyler).

In Zukunft wird sich also die Discussion über Natur und Wirkung der Fäulnissfermente meines Erachtens nicht mehr um die bisher so fruchtlos ventilirte Frage drehen, ob chemische Fermente, ob lebende Organismen, sondern lediglich darum, welche chemischen Fermente und welche lebenden Organismen bei der Fäulniss thätig sind, und in welcher Weise dieselben ihre Wirkungen äussern.

Gedruckt bei L. Schumacher in Berlin.


8.K.1879.1
Die Lehre von der Faulniss, auf1879
Countway Library BEC9539
3 2044 045 667 128


8.K.1879.1
Die Lehre von der Faulniss, auf1879
Countway Library BEC9529
3 2044 045 667 128